

就実大学教育学部初等教育学科

平成29年度

卒業研究

題 目

実験の意味を理解し、
より深い学びを行うための教材研究
—大きなミョウバンの結晶作りの実験を通して—

学籍番号 5114041

氏 名 嶋 肖奈

指導教員 福井 広和

目次

第1章 はじめに

1. 動機
2. 背景
3. 研究仮説

第2章 予備調査

1. 小学校学習指導要領における系統と目標
2. 教科書で示される結晶づくりについて
3. 先行研究について

第3章 予備実験

1. 結晶をつるして育てる方法
2. 結晶をころがして育てる方法
3. 糸や結晶を入れずに水溶液だけで結晶を作る方法

第4章 教材研究

1. 冷蔵庫を使って結晶を育てる
2. 保冷剤を入れた保冷バッグで育てる
3. 保冷剤を置く位置を変更し保冷バッグの中で育てる
4. 除湿剤を入れた保冷バッグの中で育てる

第5章 授業実践

1. 目的
2. 調査対象・時期
3. 調査内容・方法
4. 授業の実際
5. 調査結果
6. 考察

第6章 おわりに

【引用・参考文献】

第1章 はじめに

1. 動機

私は小学校の頃から理科が好きであった。理科には他の教科にはない「実験」という活動があり、分からない疑問を実験で調べて学ぶことが楽しいと思えたからである。そのため、卒業研究では理科もしくは実験について調べてみたいと考えていた。

そんな時、教育実習中にこんな経験をした。私は理科を専攻しているということで、「物の温度と体積」の単元の授業を3回させてもらうことができた。3回の授業すべてで実験を取り入れたところ、児童は興味をもち積極的に学習に参加してくれた。2回目の授業の終了後に、児童の書いたワークシートをチェックしていると、考察に「水は…」と書かれているものを見つけた。しかし、今回の授業のテーマは「空気」である。この児童は興味・関心をもって授業に参加し、意欲的に実験をしていた児童である。もしかすると、この児童は「課題の意味を理解しないまま実験していたのかもしれない」ということに気づき、ショックを受けた。

また、試験管の口に洗剤をつけて温め、シャボン膜を膨らませる実験で「暖められた空気が上昇してシャボン玉がふくらんだ」と考えた児童のために、キャップをしめたペットボトルを冷蔵庫で冷やしてへこませ再び常温に戻して膨らむ様子を観察させた時、児童は暖められた空気が上昇したのではなく、全体的に膨張したことに気づいてくれた。しかし、翌日の授業の中で、同じ児童が再び空気の上昇説を主張し、前日の実験が意味をなさなかったのかと強く疑問を感じた。

表面的な積極的活動と内面的な概念理解は別物なのだろうかと感じ、深い学びを保障するにはどうすれば良いか模索していきたいと考えた。

2. 背景

自分の体験を通して、理科の授業において表面的に実験や観察の活動が成立していても「児童の頭の中で本当に活動の意味が理解されているかどうかは不明である」ということに疑問をもった私は、理科学習と子どもの概念形成についての先行研究を調べてみた。

森田和良は『新しい発展学習の展開』(2005)の中で次のように述べている¹⁾。

・不十分な理解状態で学習が終わってしまう子どもは、意外と数多い。それは、授業の中で子どもたちに「なぜそう考えたの？」とか「この方法で何がわかるの？」という質問をして、根拠や目的を説明させると、多くの子どもは黙ってしまうし、説明できる子どももほとんど既習経験を使わずに説明することからもわかる。

・実際に実験に取り組んだ子どもであっても、その実験の意味を自覚できていなければ、実験結果やそのときの手続きは1つのエピソードとしては記憶されるが、同一の状況に置かれられない限りそのときの記憶はなかなか呼び出すことはできないようである。

上記から、児童は実験の意味を理解していない状態のままでも、実験に取り組み、学習を終えてしまうことがあるということ、また、実験から得られた知識を必要な時に思い出し、利用することができずに困ってしまうことがあると分かった。これは児童の頭の中で学習の本当の意味が理解されていない、つまり表面的理解しかできていないことを示している。また、児童は実験結果やそのときの手続きを忘れたわけではなく、1つのエピソードとして記憶していることも分かった。児童が実験を通して学んだことを知識として定着できないのは、実験の意味を理解せずに実験を行っているからだと考えられる。

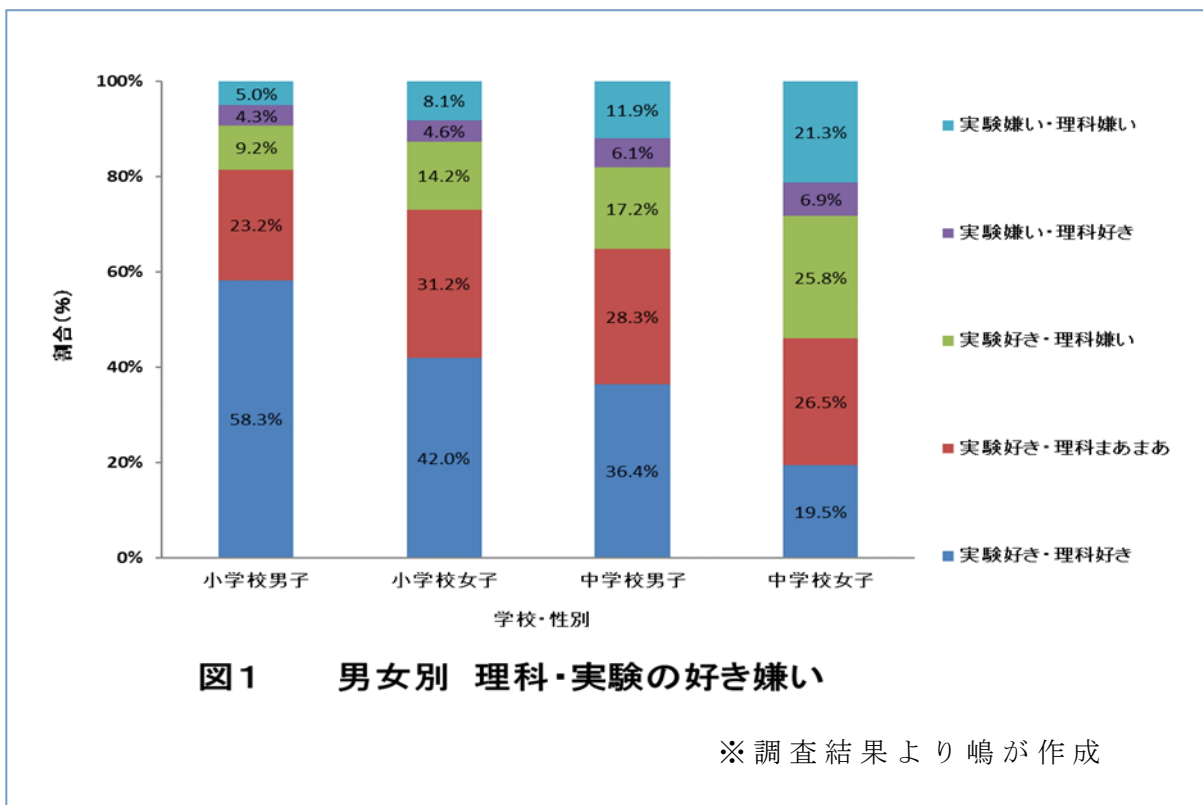
Roger Osborne & Peter Freyberg は『子ども達はいかに科学理論を構成するか—理科の学習論—』（1988）の中で子ども達の考え方について次のように述べている²⁾。

- ・子ども達は自然に、自分の周りの世界を彼らの経験、現在の知識及び言語の範囲で理解しようとするものである。
- ・子ども達の考え方は、常に堅固である。そして、それらは、しばしば科学者の考え方とは、意味ありげに異なっている。
- ・子ども達の考え方は、彼ら独特の理論に基づき明解で一貫性を持っている。そして、それらは、しばしば、理科の授業により影響されないまま残ったり、予期しない方法で影響されたりする。

子ども達は自身の経験や既存の知識から独特の考え方を作り出しており、さらに、その考え方は堅固であるため、理科の授業では影響を受けないまま、自身の考えがそのまま残ってしまうことがあると分かった。それは単に未熟だからではなく、子ども自身が長い時間をかけて築いてきた経験則として一貫性と論理的をもつものであり、何ら疑う必要性を感じないものであるからである。

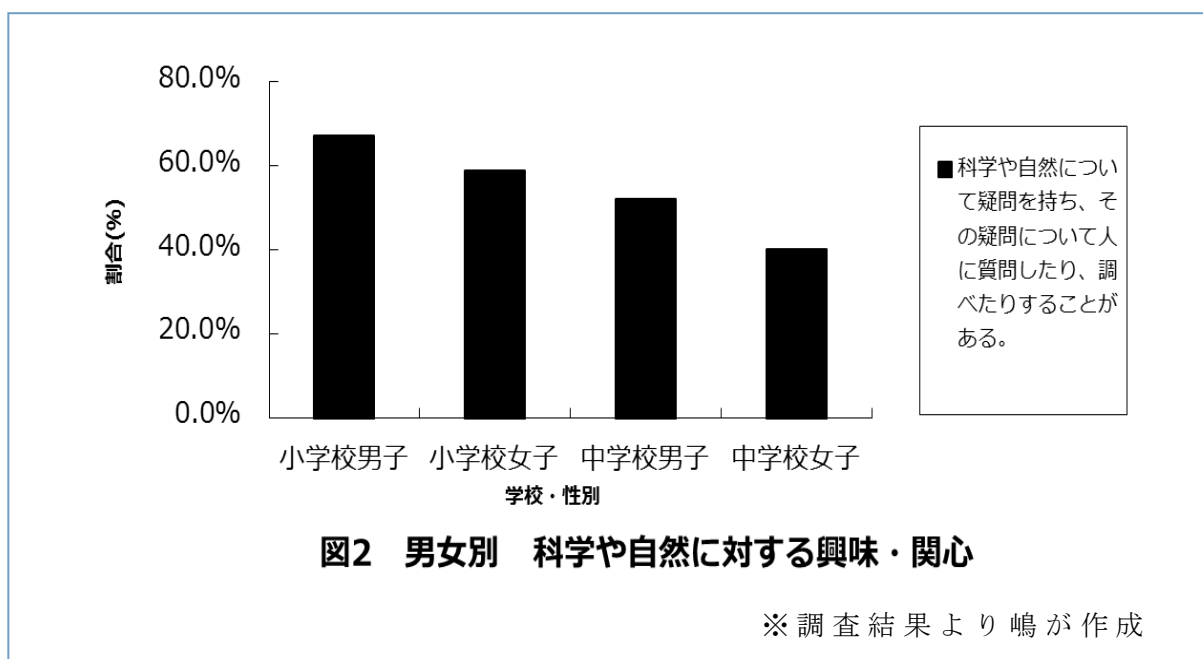
私が教育実習中に経験した、授業で教えたことが児童の考え方に反映されていなかったことや実験の意味を教師とは異なる意味で捉えていた児童がいたことなどは、上記のような子ども達の考え方の特徴があったからこそ起こったのではないかと考えられる。児童を深い学びへと導くには、このような子どもの考え方の特徴を理解した上で、堅固で独特な児童の考え方を変えられるような授業または実験方法を考えていく必要があるのではないだろうかと考える。

理科や実験の好き嫌いに男女差があるのかについて株式会社リベルタス・コンサルティングが『全国学力・学習状況調査の結果を用いた理科に対する意欲・関心等が小中学校段階で低下する要因に関する調査研究調査報告書』において次のように示している³⁾。



上図より、小学校、中学校ともに女子は男子より理科や実験が好きと答える児童生徒が少ないことが分かる。なぜ、男女で理科や実験の好き嫌いに差が出てしまうのだろうか。また、女子の小学校と中学校の結果を比較すると、実験や理科が好きと答える割合が減り、嫌いと答える割合が増加していることが分かる。小学校では理科や実験が好まれていたにも関わらず、中学校になるとそれらが好まれなくなっている。なぜ、小学校では好まれていた理科や実験が、中学校では好まれなくなっているのだろうか。

前述の調査報告書では、理科に対する興味・関心の項目の中で「科学や自然について疑問をもち、その疑問について人に質問したり、調べたりすることがあるか」と尋ね、男女別で次のような結果を示している。



これによると科学や自然に対する興味・関心が男子よりも女子の方が低く、また小学生よりも中学生のほうが低いことが分かる。また、図1と図2を比較すると、図1の「実験好き・理科好き」、「実験好き・理科まあまあ」の割合と図2の「科学や自然に対する興味・関心」の結果とが同じような変化をしていることが分かる。これらのデータから、女子を理科好きにするには科学や自然に対する興味・関心を高める授業を行えばよいのではないだろうかと考える。

では、どのような授業を行えば科学や自然に対する興味・関心が高まるのだろうか。特に、女子のほうが男子よりも科学や自然に対する興味・関心が薄いため、女子が興味を高められるようにするにはどうすればよいのだろうか。

ジェンダーの観点による理科の好き嫌いについての分析として稲田の『ドイツでの女子の物理学習を促進する実践的研究の特徴』がある⁴⁾。この中で稲田は興味喚起について以下の7つのポイントをあげている。

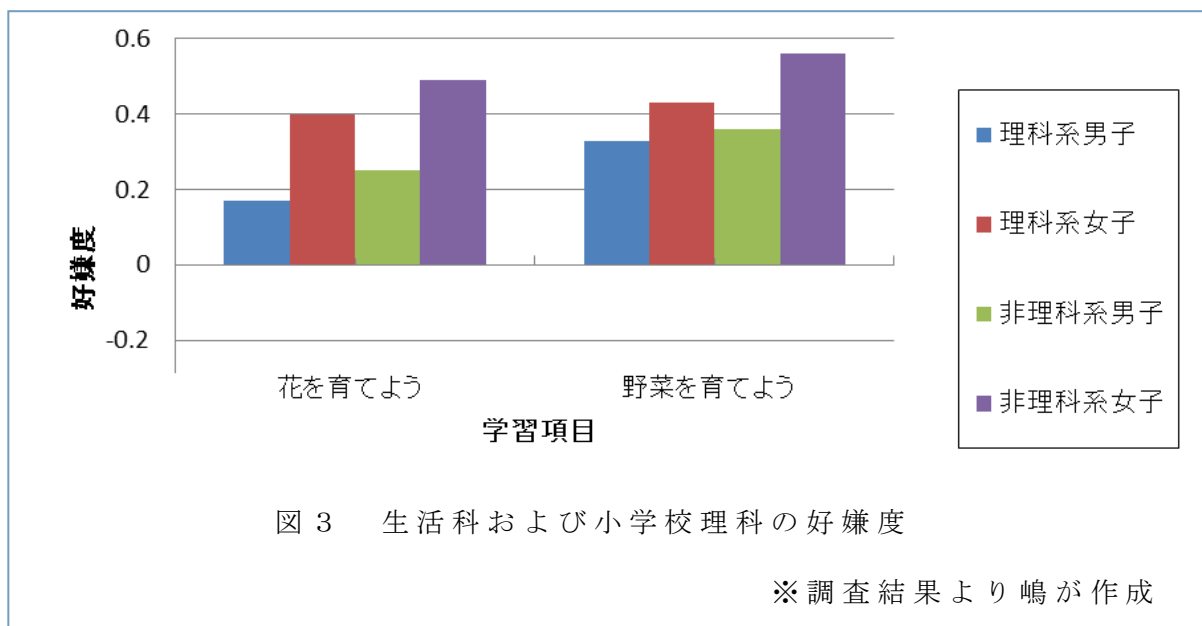
表1 興味喚起の7つのポイント

1	驚嘆する機会を提供する。
2	男女両方の過去の経験に内容を結びつける。
3	じかに得られる体験を提供する。
4	物理の社会的な重要性に関する議論と熟考を励ます。
5	物理の実用性につなげる。
6	人間の体に関係付けて物理概念を示す。
7	物理を量的に扱うことの利益と利用法を説明する。

※論文の表より嶋が作成

以上のように稲田は女子の興味関心を引き起こすためには「体験学習をしたり、過去の経験や実用性と結びつけて内容を学ばせたりすること」が大切だと指摘している。しかし、これらは男女に関係なく言えることであり、女子の興味関心を引き起こすためには別の視点が存在するのではないかと考える。例えば、女子の好きなものや興味があるものと関連付けるのはどうだろうか。

川村らは『実験で実践する魅力ある理科教育—小中学校編—』の中で小学校の教材のうち、物理・科学・生物・地学の各領域から均等に学習項目を選び出し、生活科の学習項目も加えて理系・非理系の大学生から好嫌度を調べている⁵⁾。その結果、全24項目の中で女子が男子よりも好嫌度が高いものは「花をそだてよう」と「野菜をそだてよう」の2つであった(図3)。



以上のことから、女子は「育てる」学習を好む傾向にあることが分かる。

また、「ものの溶け方」は詳細な数値が示されていないが、女子が男子よりも好嫌度が高い傾向にあることが報告されている。

これらの先行研究から、女子の科学や自然に対する興味・関心を高めるには、「ものの溶け方」に関連した「育てる」活動を取り入れると良いのではないかと考える。

3. 研究仮説

子ども達は表面的な理解はしているが、深い学びが行えていない。また、児童は自身の経験から得られた強固な考え方を持っているため、授業や実験から得た知識が定着しにくいという特性がある。深い学びを行うためには、児童に実験の意味を考えさせ、かつ児童の考え方に影響を与えられるような授業内容にしなくてはならない。

子ども達は学年があがるにつれて理科嫌いになる割合が高くなり、逆に自然や科学に対する興味・関心が低くなっている。このことから、理科好きな子どもを増やすには、まず科学や自然に対する興味関心を高めると良いのではないかと考える。また、女子の方が男子より理科嫌いの割合の増加が大きく、実験や理科が好む割合が低い。そのため、導入としては女子の興味が高い学習内容で行った方が良いと考える。女子は「ものの溶け方」の学習で「育てる」活動を好んでいることを考慮すると、「結晶作り」の実験が導入に適していると推察する。

以上のことを踏まえて、以下のような課題が考えられる。

【研究仮説】

- 深い学びを行うには、児童が興味をもちやすい事象を提示し、かつ児童に実験の意味を考えさせればよい。
- 美しく変化の楽しい「ミョウバンの結晶作り」を導入に用いることで理科に抵抗感をもちやすい女子児童も楽しく学ぶことができる。

第 2 章 予備調査

前章では深い学びを実現するために、美しく変化の楽しいミョウバン
の結晶作りを研究することについて述べた。本章では、小学校学習指導
要領や教科書、先行研究をもとに予備的な調査を行う。

1. 小学校学習指導要領における系統と目標

「ものの溶け方」の単元は A 区分の「物質・エネルギー」領域に含まれ
ている。この単元は第 3 学年「A(1) 物の重さ」の学習で学んだ「粒子
の保存」をもとに学習を行い、その後第 6 学年「A(2) 水溶液の性質」、
中学校第 1 学年「水溶液」「状態変化」、中学校第 2 学年「化学変化」「化
学変化と物質の質量」、中学校第 3 学年「酸・アルカリとイオン」の内
容につながっている。このように「ものの溶け方」の単元は中学校での
理科教育の重要な基礎となる単元である。

また、小学校学習指導要領解説理科編によると、本単元の目標は以下
のように示されている。

物を水に溶かし、水の温度や量による溶け方の違いを調べ、物の
溶け方の規則性についての考えをもつことができるようにする。

ア 物が水に溶ける量には限度があること。

イ 物が水に溶ける量は水の温度や量、溶ける物によって違うこと。

また、この性質を利用して、溶けている物を取り出すことが
できること。

ウ 物が水に溶けても、水と物とを合わせた重さは変わらないこと。

今回研究の対象としているミョウバンの結晶は、次の「ねらいイ」に該当する。

イ 水の温度を一定にして、水の量を増やして物の溶ける量の変化を調べ、水の量が増えると溶ける量も増えることをとらえるようにする。また、水溶液の水を蒸発させると、溶けていた物が出てくることなどをとらえるようにする。さらに、一定量の水を加熱して物の溶ける量の変化を調べ、水の温度が上昇すると、溶ける量も増えることをとらえるようにする。その際、高い温度で物を溶かした水溶液を冷やすと、溶けた物が出てくることもあわせてとらえるようにする。

このうちミョウバンの大きな結晶づくりの活動では、水溶液に溶けたものは、水を蒸発させて量を減らしたり温度を下げたりすると、再び結晶として現れることを児童に理解させることを目的としている。児童が実際に結晶の変化を目にすることで、「結晶」に興味を持ち、「なぜ結晶ができるのか」という疑問からその原因について習った事や実験でわかったことなどをもとに考え答えを導き出せたなら、児童の学習の理解を深めることができると考える。

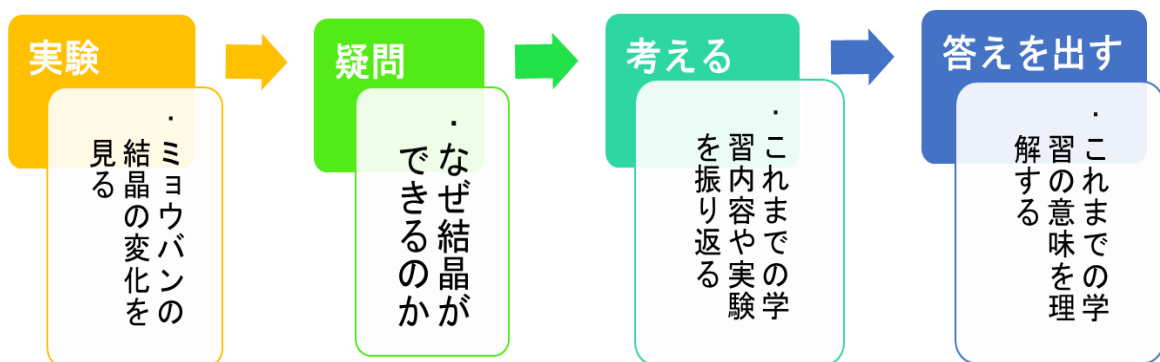


図4 結晶の魅力が引き起こす学習効果

2. 教科書で示される結晶づくりについて

教科書の内容は、出版社や年度によって異なっている。教科書に記載されている結晶づくりの内容の違いについて、東京書籍、啓林館、教育出版、大日本図書 の 4 つの教科書を調べる。対象とした教科書は以下の 35 冊であり、最も古い物は昭和 49 年度版である。

調査対象

○東京書籍

- ・『新訂 新しい理科 4 下』、15 食塩、昭和 49 年度
- ・『新しい理科 4 下』、6 もののとけかた、昭和 55 年度
- ・『新しい理科 5 下』、7 食塩水のこさと重さ、昭和 55 年度
- ・『新編 新しい理科 5 下』、8 食塩水のこさと重さ、昭和 61 年度
- ・『新訂 新しい理科 5 下』、8 食塩水のこさと重さ、平成元年度
- ・『新しい理科 5 下』、8 もののとけかた、平成 4 年度
- ・『新編 新しい理科 5 下』、7 もののとけかた、平成 8 年度
- ・『新訂 新しい理科 5 下』、8 もののとけかた、平成 12 年度
- ・『新しい理科 5 下』、8 もののとけかた、平成 14 年度
- ・『新編 新しい理科 5 下』、8 もののとけかた、平成 17 年度
- ・『新しい理科 5』、9 物のとけ方、平成 23 年度
- ・『新編 新しい理科 5』、7 物のとけ方、平成 27 年度

○啓林館

- ・『新訂 理科 5 年下』、8 水よう液のこさと重さ、昭和 61 年度
- ・『理科 5 年下』、8 物のとけ方、平成 4 年度
- ・『新訂 理科 5 年下』、9 物のとけ方、平成 8 年度
- ・『新版 理科 5 年下』、7 もののとけ方、平成 12 年度

- ・『理科 5 年下』、7 もののとけ方、平成 14 年度
- ・『わくわく理科 5 年下』、7 もののとけ方、平成 20 年度
- ・『わくわく理科 5 年』、6 もののとけ方、平成 23 年度
- ・『わくわく理科 5 年下』、8 もののとけ方、平成 27 年度

○教育出版

- ・『改訂 標準理科 4 年下』、16 食塩水、昭和 49 年度
- ・『改訂 小学理科 4 上』、2 ほうさんと水、昭和 55 年度
- ・『理科 5 下』、8 物のとけ方、平成 8 年度
- ・『理科 5 下』、8 物のとけ方、平成 12 年度
- ・『小学理科 5 下』、7 もののとけ方、平成 14 年度
- ・『小学理科 5 下』、7 もののとけ方、平成 17 年度
- ・『地球となかよし 小学理科 5』、9 もののとけ方、平成 23 年度
- ・『未来をひらく 小学理科 5』、10 もののとけ方、平成 27 年度

○大日本図書

- ・『たのしい理科 4 年下』、8 ものをとかそう、昭和 55 年度
- ・『新版 たのしい理科 5 下』、9 もののとけ方、平成 8 年度
- ・『新訂 たのしい理科 5 下』、9 もののとけ方、平成 12 年度
- ・『たのしい理科 5 下』、8 もののとけ方、平成 14 年度
- ・『新版 たのしい理科 5 下』、8 もののとけ方、平成 17 年度
- ・『たのしい理科 5 年 - 2』、8 もののとけ方、平成 23 年度
- ・『新版 たのしい理科 5 年』、9 もののとけ方、平成 27 年度

これらの教科書における「もののとけ方」の学習でどのような物質の結晶が取り扱われたか、ミョウバンの結晶をどのような方法で作るよう記載されていたか調べた。

①取り扱われた結晶づくりの変遷

食塩： 、ミョウバン： 、食塩・ミョウバン：
 ホウ酸： 、記載なし：

表2 4つの教科書で取り扱われてきた結晶づくりの変遷

	東京書籍	啓林館	教育出版	大日本図書
昭和 49		/		/
昭和 55	もよう	/	/	/
	大きい結晶	/	/	/
昭和 61	大きい結晶	/	/	/
平成元	大きい結晶	/	/	/
平成 4	大きい結晶	大きい結晶	/	/
平成 8	大きい結晶	大きい結晶	大きい結晶	/
			(ブローチ)	/
平成 12	大きい結晶	大きい結晶	大きい結晶	/
平成 14	かざり	かざり	ブローチ	かざり
平成 17	かざり	/	大きい結晶	大きい結晶
平成 20	/	かざり	/	/
	/	(大きい結晶)	/	/
平成 23	かざり	かざり	ブローチ	大きい結晶
	大きい結晶	大きい結晶		
平成 27	かざり	かざり	ブローチ	大きい結晶
	大きい結晶	大きい結晶		

表から結晶づくりで取り扱われている物質は、食塩とミョウバンの2つがほとんどであることがわかる。この2つは、児童の身近にあり、取り扱いが容易で入手しやすいものである。児童の身近にあるものを使用することで、児童が身の回りの自然や科学に目を向けやすくしているのではないかと考える。さらに、入手が簡単で取り扱いが容易であれば、結晶づくりに興味をもった児童が家庭で行おうとしたときに、安全かつやりやすくなることも考慮して、食塩とミョウバンになったのではないかと考える。

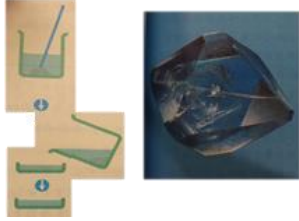
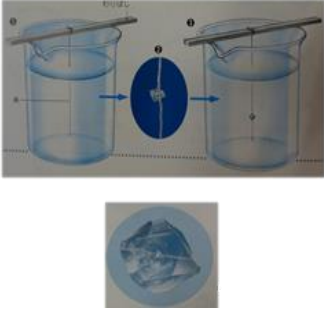

また、表から結晶づくりで最も多く記載されているのは、ミョウバンの大きな結晶づくりであった。このことから、「もののとけかた」の単元の発展学習としてミョウバンの大きな結晶づくりが効果的であると考えられてきたのだと推察する。

②ミョウバンの結晶づくりの違い

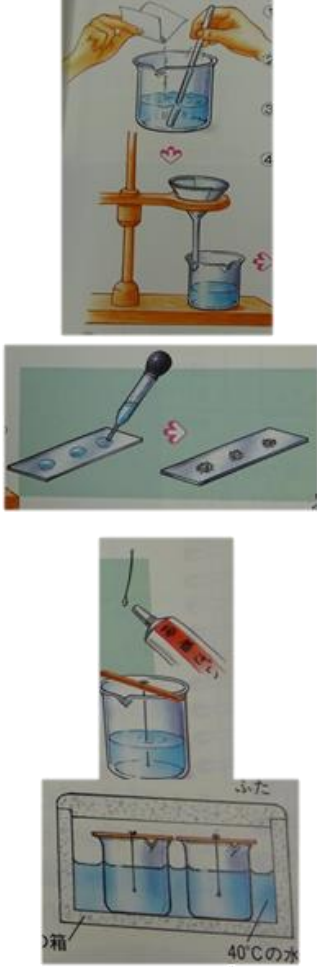
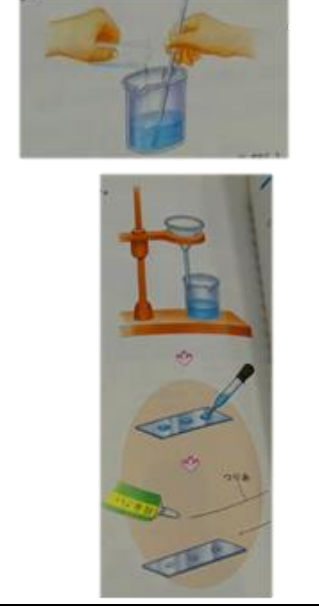
教科書に記載されていたミョウバンの結晶のつくり方の違いについて調べるために、出版会社ごとに関し年度順に並べて、表にまとめた。ミョウバンの結晶づくりには大きな結晶づくりとかざり・ブローチづくりの2種類あるため、区別をするためにかざり・ブローチのつくり方には下線をひいている。また、つくり方のうち温度、日数、分量の記載の具体性について着目し、色分けを行う。

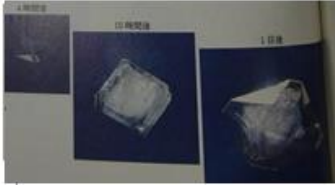


(なし：、温度のみ：、日数のみ：、分量のみ：
温度・日数：、日数・分量：、分量・温度：、
3つすべて：)




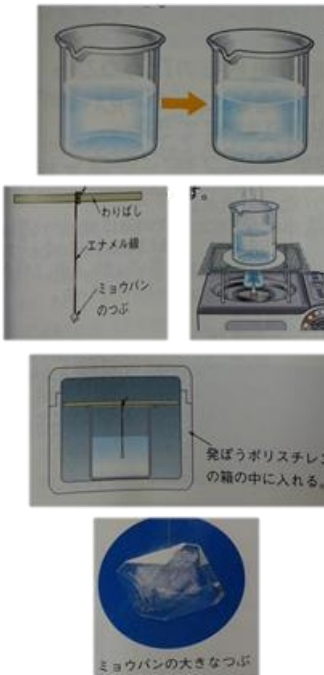
○東京書籍

年度	結晶のつくり方	図や絵
昭和 55	<p>① 熱い水を使ってよくかきまぜてとかし、できるだけこい液をつくる。</p> <p>② ペトリざらにうわずみ液をとる。</p> <p>③ 静かな場所に置く。</p>	
平成 4 平成 8 平成 12	<p>① 60℃の湯 100cm³に、ミョウバンを 25 g ぐらいとかし、糸をつるす。</p> <p>② 次の日に、形が整っている大きめのつぶを 1 つ残して、あとはとりのぞく。</p> <p>③ 1 週間以上、そっとしておく。</p>	
平成 23 平成 27	<p>① 湯に、とけ残りが出るまで、ミョウバンをとかす。</p> <p>② 糸を結びつけたわりばしを、ビーカーのふちにのせて、糸をたらし、しぜんに冷ます。しばらくすると、糸にミョウバンのつぶができるので、ビーカーからとり出して、大きくて形のよい物を 1 つぶ残す。</p> <p>③ ミョウバンの水溶液をもういちどあたため、底にたまったつぶをとかしてから、40℃くらいまで冷ます。</p> <p>④ もういちどビーカーの中に、②の糸をたらす。</p> <p>⑤ 湯を入れた発ぼうポリスチレンの入れ物に入れて、ゆっくりと冷ます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● とちゅうで動かさないように、注意する。 ● ミョウバンのつぶをもっと大きくしたいときは、③～⑤の手順を繰り返すとよい。 	

○啓林館

年度	結晶のつくり方	絵や図
平成 4	<p>① 100cm³の水をあたため、部屋の温度より、10℃ほど高い温度の水にする。</p> <p>② ①水に、ミョウバンを 20 g ほど入れて、よくかきまぜる。</p> <p>③ とけ残ったミョウバンを、ろ過して取り除く。</p> <p>④ ろ過した液を、スライドガラスに取って、しばらく置いておき、小さなつぶを作る。</p> <p>⑤ 形のきれいなつぶを 1 こ選び、接着ざいをつけたつり糸の先につける。</p> <p>⑥ ③の液の中に、つり糸につけたつぶをつるしておく。</p> <p>⑦ 右の図のようにして、液が急に冷えないようにしておく、大きいつぶになる。</p>	
平成 8	<p>① 50cm³の水を、60℃の温度になるまであたためる。</p> <p>② ①の水に、ミョウバン 30 g を入れて、よくかきまぜる。</p> <p>③ とけ残ったミョウバンを、ろかして取りのぞく。</p> <p>④ 下の図のようにして、液が急に冷えないようにしておく。</p> <p>⑤ ろかをした液を、スライドガラスに取って、しばらく置いておき、小さな結しょうを作る。</p>	

	<p>⑥形のきれいな結しょうを1個選び、接着 ざいをつけたつり糸の先につける。</p> <p>⑦つり糸につけた結晶を、③の液の中 につるす。</p> <p>⑧大きな結しょうになったら取り出す。 ※結しょう作りがすんだら、使った水よう 液は、決められたよう器に集めよう。</p>	
平成 12	<p>①あたためた水に、ミョウバンを、とけ残 りができるまでとがす。</p> <p>②とけ残ったミョウバンは、ろかして取り 除く。</p> <p>③ろかした液は、下の図のようにして、急 に冷えないようにしておく。</p> <p>④ろかした液をスライドガラスに取ってか わかし、小さな結しょうを作る。</p> <p>⑤形のきれいな結しょうを選んで、エナメ ル線の先につける。</p> <p>⑥⑤の結しょうを、③の液の中につるし、 静かに置いておく。</p>	
平成 14	<p>①モールで好きな形を作り、カップの中 につり下されるようにしておく。</p> <p>②約 60℃の水で、ミョウバンのこい水よう 液を作る。</p> <p>③ミョウバンの水よう液をカップにうつし て、その中にモールをつるし、水よう液 が急に冷えないように、箱などに入れて おく。</p>	

<p>平成 20</p>	<p>① <u>モールで好きな形を作って、カップの中につり下げられるようにしておく。</u></p> <p>② <u>約 60℃の水で、ミョウバンのこい水よう液を作る。</u></p> <p>③ <u>ミョウバンの水よう液をカップにうつして、その中にモールをつるし、冷めるまで、そのままにしておく。</u></p>	
	<p>糸の先に、形のきれいなつぶを1つつけて、ゆっくり冷えるようにすると、大きなつぶができる。</p>	
<p>平成 23</p>	<p>① <u>モールで好きな形を作って、カップの中につり下げられるようにしておく。</u></p> <p>② <u>約 60℃の水で、ミョウバンのこい水よう液を作る。</u></p> <p>③ <u>ミョウバンの水よう液をカップに移して、その中に①のモールをつるし、冷めるまでそのままにしておく。</u></p>	
	<p>① 約 60℃の水にミョウバンをできるだけとかして、そのまま1日冷ますと、底につぶができる。</p> <p>② 形のきれいなつぶを選んで、熱したエナメル線の先につける。</p> <p>③ ①の液の温度を上げて、すべてのつぶをもう一度とかす。</p> <p>④ ③の液の温度が 45℃くらいに下がったら、エナメル線につけたつぶを入れ、発泡ウレタンの箱の中で、静かに1日冷ます。</p>	

平成 27

水よう液の温度を下げることで、水にとけていたミョウバンのつぶを取り出すことができた。この性質を利用して、ミョウバンのかざりをつくってみよう。

○用意するもの

- ・ミョウバン ・約 60℃の水 ・ビーカー
- ・わりばし ・ガラスぼう ・モール
- ・カップ ・つり糸

①モールで好きな形を作って、カップの中につり下げられるようにしておく。

②約 60℃の水に、とけ残りが出るまでミョウバンをとかす。

③ミョウバンの水よう液をカップに移して、その中に①のモールをつらし、冷めるまでそのままにしておく。

静かにゆっくり冷ますと、大きなつぶができる。ミョウバンの大きなつぶをつくってみよう。

○用意するもの

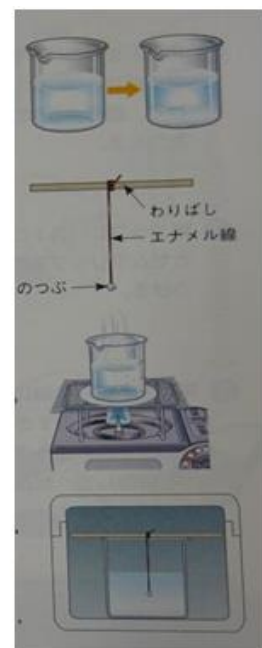
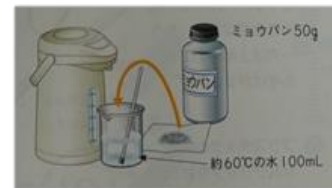
- ・ミョウバン ・約 60℃の水 ・ビーカー
- ・わりばし ・ガラスぼう ・金あみ
- ・実験用ガスコンロ ・エナメル線
- ・発ぼうポリスチレンの箱

①約 60℃の水にミョウバンをできるだけとがして、そのまま 1 日冷ますと、底につぶができる。


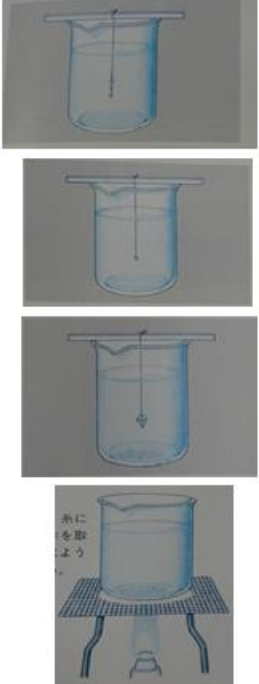
②形のきれいなつぶを選んで、接したエナメル線の先につける。


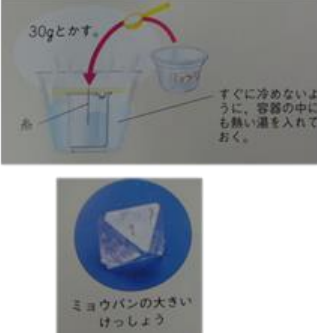


③①の液を弱火でゆっくりあたため、すべてのつぶをもう一度とがす。

④③の液の温度が 45℃ぐらいに下がったら、エナメル線につけたつぶを入れ、発ぼうポリスチレンの箱の中で、静かに 1 日冷ます。



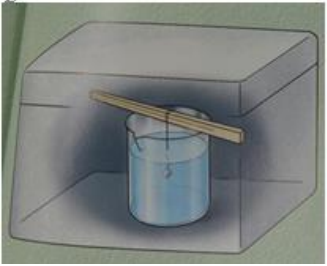





○教育出版

年度	結晶のつくり方	絵や図
平成 8	<p>① 40℃くらいの湯に、ミョウバンをとけるだけとかす。</p> <p>② ビーカーに糸を下げたて冷やす。</p> <p>③ 糸のついた結しょうを1個だけ残してほかははずし、ビーカーの中にふたたび入れて1日おく。</p> <p>④ 次の日、つるしてある糸をふたたび熱する。底の結しょうがとけたら、火を止めて冷やす。</p> <p>⑤ 底に結しょうが出始めたら、糸を水よう液中につり下げて冷やす。</p> <p>ミョウバンや食塩をとけるだけとかした水よう液を作り、モールを入れて、定温器の中で水をじょう発させてみよう。</p>	
平成 12	<p>① 40℃くらいの水にミョウバンをとけるだけとかし、その中に糸を下げたてゆっくり冷やす。</p> <p>② 糸のついたつぶを1つだけ残し、ミョウバンの水よう液の中で1日おく。</p> <p>③ 次の日、糸についたつぶを取り出し、水よう液を熱する。</p> <p>④ 底のつぶがとけたら火を止めて、ふたたび底につぶが出始めたら、糸を水よう液の中に下げる。</p>	

平成 14	<p>① <u>モールで好きな形を作る。</u></p> <p>② <u>100ml のビーカーをカップラーメンなどの容器の中に置いて、ビーカーに熱い湯（80℃くらい）を 80ml ほど入れる。</u></p> <p>③ <u>ミョウバン約 30g をビーカーの湯に入れてとかしたあと、モールをつり下げて数日間置いておく。</u></p>	
平成 17	<p>① 100ml のビーカーをカップラーメンなどの容器の中に置いて、ビーカーに熱い湯（80℃くらい）を 80ml ほど入れる。</p> <p>② ミョウバン約 30g をビーカーの湯に入れてとかしたあと、糸をつり下げて数日間置いておく。</p>	
平成 23	<p>① <u>モールで好きな形を作る。</u></p> <p>② <u>100ml のビーカーをカップめんなどの容器の中に置いて、ビーカーに熱い湯（80℃くらい）を 80ml ほど入れる。</u></p> <p>③ <u>ミョウバン約 30 グラムをビーカーの湯に入れてとかしたあと、モールをつり下げて数日間置いておく。</u></p>	
平成 27	<p>① <u>モールで好きな形を作る。</u></p> <p>② <u>100ml のビーカーをカップめんなどのはっぽうポリスチレンの容器の中に置いて、ビーカーに熱い湯（80℃ぐらい）を 80ml ほど入れる。容器の中にも熱い湯を入れておく。</u></p> <p>③ <u>ミョウバン約 30g をビーカーの中の熱い湯に入れてとかしたあと、モールをつり下げて、そのまま数日間置いておく。</u></p>	

○大日本図書

年度	結晶のつくり方	絵や図
平成 13	<p>① 60℃くらいのみょうばんをたくさんとかした水よう液を作り、下のようにして冷やす。 (冷えると小さなみょうばんのつぶが出てくる。)</p> <p>② ①のつぶを糸につけて、60℃くらいのみょうばんをできるだけたくさんとかした水よう液に入れる。 (小さなみょうばんのつぶを糸につける。)</p> <p>③ ゆっくり冷やす。 (発ぼうポリスチレンなどの箱に入れて、静かに置いておく。)</p>	  
平成 27	<p>① 60℃くらいの水にみょうばんをたくさんとかして水よう液をつくり、しばらく置いて冷やす。 (冷えると小さなみょうばんのつぶが出てくる。)</p> <p>② ①のつぶを糸につけて、みょうばんをできるだけたくさんとかした 60℃くらいの水よう液に入れる。 (小さなみょうばんのつぶを糸につける。)</p> <p>③ ゆっくり冷やす。 (発ぼうポリスチレンなどの箱に入れて、静かに置いておく。)</p>	  

【結果と考察】

出版社ごとに見ていくと、以下のようなことが分かった。

○東京書籍

最も古い昭和 55 年の教科書以外は、濃い水溶液の中に糸をたらし、結晶を作る方法が掲載されている。年代が進むにつれ、説明文が細かくなり、それにあわせて図・写真も増え、結晶のつくり方がわかりやすくなっている。しかし結晶を作るのにかかる時間や手間が増えているため、結晶づくりが行いにくくなっているように感じる。

○啓林館

掲載されている大きな結晶づくりの方法は、東京書籍とは逆に、年代が進むにつれて作業が少なくなっている。写真や絵も文章の補助となるものだけを掲載するようになり、数が減っている。しかし、そのかわり結晶のかざりづくりの方法を掲載するようになり、現行では大きな結晶づくりとかざりづくりの二つを掲載している。この二つの説明文を比較すると、かざりづくりの方がより説明文に具体的な数値が書かれており、大きな結晶づくりよりも作業が簡単なため授業で取り扱いやすいものとなっていると考える。

○教育出版

平成 8、12 年度の教科書で大きな結晶づくりを記載していたが、それ以降にはブローチづくりの方法が主となり、今日では大きな結晶づくりの方法は記載されていない。また、結晶づくりの方法に大きな変化はなく、図や絵もほとんど同じものが使われている。

○大日本図書

近年になってやっと結晶づくりの方法が掲載されるようになった。平成 13、27 年度版にしか書かれていないため、内容や絵・図に大きな変

化はみられない。しかし、大きなミョウバンの結晶の写真は、他の出版社とは異なり、手の上に乗せて移しているため、結晶の大きさや透明度が一目でわかりやすく、児童の興味・関心をひきやすいと感じる。

全体的にみると、大きなミョウバンの結晶づくりでは、一度濃い水溶液を自然に冷やして種結晶を作り、再び温めなおして種結晶以外の結晶を溶かして育てる方法が多く記載されている。授業で取り扱うとなると日を置くため、2回以上行わなくてはならない。しかし、結晶づくりは発展学習であり、「もののとけ方」の学習内容は事前の授業で学び終えているため、新しく学ばせることを目的としない結晶づくりに2時間以上の授業を使うことは困難であると考え。また、各家庭や授業外の時間に教室で行おうとしても、理科室のようなガスバーナーを使うことができないため、水溶液を温めなおすこと自体に手間や時間がかかってしまい、授業以外の時間で大きな結晶作りを行うこと困難である。

現行の教科書に記載されているミョウバンの大きな結晶づくりの方法では、家庭や授業外の時間で行うことが困難であり、授業時間の確保が問題となることが分かった。この方法のままでは、ミョウバンの大きな結晶づくりを児童が行うことなく、ただ教科書の資料を読みものとして扱うだけのものとなってしまおうと感じた。結晶は児童の身の回りにある自然現象の一つであり、児童（特に女子児童）の興味関心をひきつけ、結晶づくりの活動で、「ものとか方」の単元で学んだ内容や実験の意味を児童に理解させることのできるとてもよい教材であると考えている。この教材を授業もしくは授業外の時間で取り扱うようにするためには、作業にかかる授業時間や手間をより少なくしていうことが必要であると痛感した。

3. 先行研究について

教科書以外の方法で、実際に行われているミョウバンの結晶づくりにはどのようなものがあるのか。木村、武藤の『はじめての結晶づくり』では教科書とは異なる方法で結晶をつくっている⁷⁾。

この資料では、教科書のように糸をたらして結晶を育てるのではなく、濃い飽和溶液の中に核となる種結晶をそのまま入れ育てるという方法であった。これは最も古い東京書籍の教科書に掲載されていたつくり方と少し似ているが、以下のような内容がこの方法とも全く違っている。

(前略)

- ⑥ ⑤で溶かした液を 500mL ペットボトルに注ぎ込みます。その後、ボトルの首の下ぐらいまで水でいっぱいにし、しっかりフタをします。
- ⑦ シャカシャカよ〜く振ります！
- ⑧ これを 2~3 本作り、2 日間以上、振動のない静かな場所に置きます。
作ってすぐの溶液で育てると大きな結晶はできません。
2 日たつとペットボトルの底にミョウバンの一部が固体になって出てきますが、使うのは液だけです。

まずは飽和水溶液の作り方である。お湯にミョウバンを溶かして飽和水溶液を作るところまでは教科書と同じであるが、上記のように水溶液に水を加えてよく振り二日間放置してから使用するところが異なっている。また、飽和水溶液の量も教科書よりかなり多くの量を作っている。このことから、結晶づくりに冷やした飽和水溶液を大量に使用することがわかる。冷やした飽和水溶液をたくさん作るのは、次のようにミョウバンを育てているからである。

⑮ 水の蒸発を早くさせるために、送風機で風を当てながら育てます。

送風機を使えば、結晶はより早く育ちます。風は蒸発した水を吹き飛ばすように、水面に平行に当てるような感じにします。送風機は、一日中かけ通しでも構いません。

水溶液を蒸発させてミョウバンを大きくしているため、温かい水溶液のままだと、水温が急激に下がってしまう。水溶液が急に冷やされると結晶も急激に大きくなってしまいうため形がくずれたり、にごったりしてきれいな結晶ができにくくなる。これを防ぐために、冷やした水溶液を使用していると考えます。また、蒸発させることで水溶液が減るため、水溶液をつぎ足さなければ結晶が育たなくなってしまう。しかし、毎回水溶液を作りなおしていると手間がかかるため、いつでもすぐにつぎ足せるようにあらかじめ多く水溶液を作っているのだと考えます。

⑨ ミョウバンの粒の中から、育てる結晶の芯になるものを選びます。

これを〈種結晶〉と呼びます。

⑩ 形の良さそうな〈種結晶〉を 10～20 コ選んでおきます。

⑮ 1日たつと種結晶はさらに大きく育ちます。それとともにタッパーの壁には細かな結晶がたくさんできてきます。これを〈ガビガビ〉と呼びましょう。ガビガビが結晶の生育のじゃまになりますので、新しいタッパーに引っ越しをしましょう。

- ・大きくなると、結晶の表面にコブができることがあります。そのコブをナイフやスプーンなどで平らに削ります。

- ・結晶を囲んでいる 8 個の面のうち、一番小さい面を下にして育てます。

下にした面が速く大きくなるからです。毎日小さな面を下にするよう

に転がしていくと頂点がピンととがったキレイな正八面体の結晶になります。

木村、武藤の大きな結晶の作り方の手順と教科書の方法を比較する。教科書では水溶液を容器に入れただけで、結晶の芯となるようなものは入れていなかった。しかし、木村、武藤の方法では、ミョウバンの粒を結晶の芯として使用している。あらかじめ形のきれいな粒を結晶の芯と使用することで形のきれいな結晶ができやすくなるのだと考えられる。また、木村、武藤の方法では結晶の入った容器を毎日交換したり、表面にできたコブを取り除いたり、結晶の面のうち一番小さい面を下にしたりなど、毎日結晶の手入れをするようになっているが、教科書は水溶液を容器に入れたらそのまま数日間置いておくだけだった。このことから結晶をきれいに育てるのにかかる手間が全く違うことがわかる。しかし、木村、武藤の方法だとかなり手間はかかるようになっているが、ミョウバンの様子を毎日目にするようになるため、結晶の成長を詳細に観察でき、結晶を育てているという実感をもちやすくなると感じた。

以上のように木村、武藤の資料に掲載されているミョウバンの大きな結晶のつくり方は、どの教科書にもないものであり、全く異なるものであった。教科書とは異なる結晶のつくり方があり、その方法でも結晶を作ることができるを知ることができた。しかし、実際に二つの方法が比較されているわけではないので、結晶の成長の仕方やきれいさ、結晶のつくりやすさなどがどのように違ってくるのかはわからなかった。

第3章 予備実験

前章で、ミョウバンの結晶の作り方には、結晶をつるして育てる方法とねかせて育てる方法があることが分かった。しかし、ミョウバンの結晶をそれぞれの方法で実際に育てる場合、結晶の成長の仕方やきれいさ、結晶のつくりやすさなどにどのような違いがあるのかが分からなかった。深い学びを実現するには、子どもたちに結晶の美しさや変化の様子が理解できるようなミョウバンの結晶作りが必要となる。以下では、前章で調査した方法をもとに2つの方法を比較し、予備的な実験を行う。

1. 結晶をつるして育てる方法

前章で調べた方法の内、教育出版(平成17年度)に掲載されていた方法を用いてミョウバンの結晶づくりを行った。この実験方法は、最も説明が簡易で、実験の手間が少なくなっており、児童が行いやすい方法だと考える。しかし、本当にこの方法で結晶の変化の様子が観察できるのかと疑問をもったため今回実際に行ってみることとした。

(1) 追試の概要

目的：条件（気温・方角・日照…等）の異なる場所で育てても結晶ができるのかどうかについて調べる。

期間：平成29年3月31日～平成29年4月2日

道具：ビーカー（100ml）、80℃くらいのお湯、ミョウバン約30g、
割りばし(3分の1程度の長さ)、糸、カップラーメン等の容器
※それぞれ7セットずつ用意した

方法：①割り箸に糸をつける。

(糸はつりさげた時にビーカーの底から 2 cm 程度離れる長さにする)



②カップラーメンなどの容器に熱湯を半分ぐらいまで入れる。100ml のビーカーに熱湯を 80ml ほど入れ①の容器の中に置く。



③ミョウバン約 30 g をビーカーの湯に入れてとかした後，糸をつり下げて数日間置く。



※7 か所に設置するため、7セット用意した。

図 5 結晶作成キット

場所：実験者の家の中の 7 か所

1 階 北の部屋， 玄関， 居間， 南の部屋



2 階 北の部屋， 廊下の窓際， 南の部屋



図 6 実験場所(実験者の家の 7 か所)

予想：気温の高い部屋では結晶ができず，気温の低い場所では結晶ができるのではないだろうか。また，水溶液の蒸発量が大きければ大きいほど結晶の大きさは大きくなるのではないだろうか。

(2) 追試結果

実験の結果を以下のように表にまとめた。








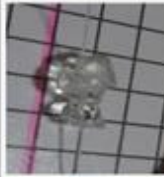

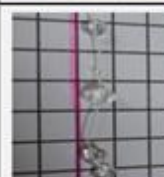
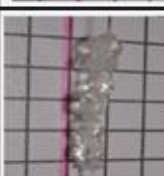


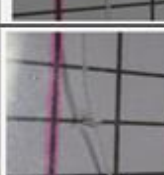
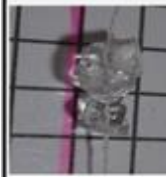
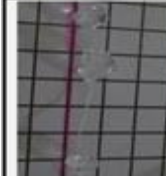
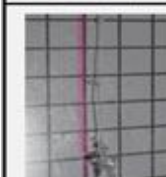
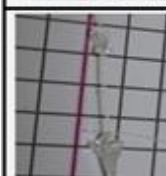
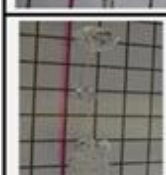
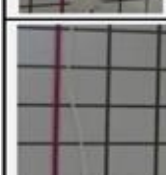

天気	雨のち曇り						
	1階北	1階玄関	1階居間	1階南	2階北	2階廊下	2階南
1日目							
2日目				晴れ			
3日目				晴れ			
気温(°C)	1日目 7	14	25	20	9	12.5	12.5
	2日目 9	15	25	18	15	9	18
	3日目 9	10	19	14	15	8	18
水量(ml)	1日目 85	85	85	85	90	90	90
	2日目 85	85	85	80	90	85	85
	3日目 85	85	80	80	88	80	83
結晶の大きさ (cm)	1日目 0.3	0.3	0.1~0.4	0.4	0.3~1.2	0.3~0.5	0.1
	2日目 0.4	0.3~0.5	0.1~0.2	0.3	0.3~1.2	0.3~0.5	0.05
	3日目 0.3~0.5	0.3~0.5	0.1~0.2	0.1~0.3	0.5~1.0	0	0.05
結晶の個数 (個)	1日目 2	3	5	8	3	4	1
	2日目 3	3	5	10	3	3	1
	3日目 3	3	4	3	3	0	1
結晶の写真	1日目 	1日目 	1日目 	1日目 	1日目 	1日目 	1日目 
	2日目 	2日目 	2日目 	2日目 	2日目 	2日目 	2日目 
	3日目 	3日目 	3日目 	3日目 	3日目 	3日目 	3日目 

表3 追試結果(結晶をつるして育てる方法)

(3) 考察

表から以下のことが分かった。

- ・ 結晶ができない場所がある
- ・ 結晶ができて溶けてなくなってしまう恐れがある
- ・ 形のきれいな結晶はできにくい
- ・ 水の減り方が緩やかなものは、結晶があまり溶けていない
- ・ 結晶のでき方が場所によって異なっている
- ・ 結晶は1日あれば出来る

「もののとけ方」の単元にあるように、再結晶は水温を下げるか水を蒸発させることによって行うことができる。この実験では、部屋の気温や水の蒸発量の違いによって結晶のでき方が異なるのではないかと考えていた。そのため気温が高い場所や光の当たらない場所に置いたものは結晶が出来ず、気温の低い場所や光の当たりやすい場所では結晶が出来るという結果になるのだろうと予測していた。しかし、実際に実験を行い、結果を比較してみると、予想したような結果にはならず1つの場所以外は再結晶が起こっている。また、日が経つにつれて結晶が溶けてしまうものと溶けないものにわかれた。なぜこのような結果になったのかについて考えてみたが、今回得た情報だけではその要因を特定することが出来なかった。

実際に実験を行ってみたことで、今回のように単元で学ぶことと異なる結果になってしまう可能性があることが分かった。しかし、今回のように学んだことと異なる実験結果になってしまうと、子どもたちを混乱させてしまい、「再結晶」の仕組みの理解が難しくなってしまうのではないだろうか。また、この方法では結晶がすぐに溶けてしまうことがあるため、結晶の変化の様子について観察することも困難だと考える。

2. 結晶をころがして育てる方法

前章で述べた木村、武藤の『はじめての結晶づくり』には教科書とは別の結晶づくりの方法が掲載されていた。この方法は、毎日世話をしなければならないが、説明が具体的でわかりやすく、児童が一人でも安全に行える内容だと考える。そこで、教科書と違う方法でも結晶を育てることができるのかを調べるため、追試を行うこととした。

(1) 追試の概要

目的：日の当たり方や高さ、通気性のある場所でも結晶を作ることができるのかについて調べる。

期間：平成 29 年 4 月 18 日～平成 29 年 4 月 24 日

道具：ミョウバン、ふきん、温度計、はかり、耐熱容器（350ml）、キッチンペーパー、割り箸、持ち手付きビーカー（500ml）、お湯 300g×3、水 200ml 程度×3、500ml のペットボトル×3、送風機×6、容器（長さ 15cm 程度）×12、囲い、1m 程度の台

方法：飽和水溶液のつくり方と結晶の育て方があり、以下のように行う。

【飽和水溶液をつくる】

- ① 耐熱容器をはかりに乗せ、
ミョウバン 75g をはかった後
300ml のお湯を入れる。



- ② ミョウバンの粒が見えなくなるまでよくかき混ぜる。
(約 5 分で溶ける)



- ③ ②をペットボトルに移した後、
水をペットボトルの口から 5cm
程度のところまで入れる。

※お湯を使っているため、ペット
ボトルが熱くなっている。

水を入れる際にはやけどをしない
よう気を付ける。



- ④ 水溶液と水がよく混ざるように
ペットボトルを数回振った後、
直射日光が当たらず、振動少ない
場所に 1 日放置する。

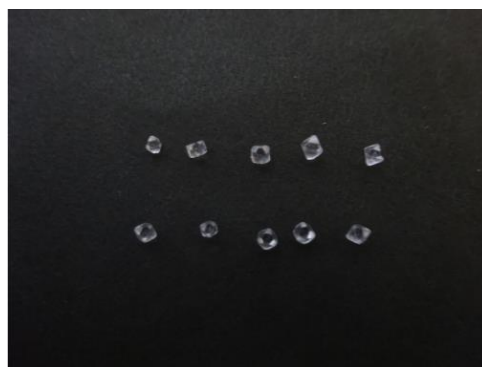


図 7 水溶液作成の過程

【結晶を育てる】

- ① ミョウバンの粒の中から形のきれいな
結晶を 10 個見つける。

(角が欠けていないものがよい)



- ② 水溶液を容器の底から 1cm 程度の
高さになるまで入れ、①のミョウバンの
粒を入れる。

※ミョウバンの粒同士がくっつかない
ように間隔をあける。



- ③ ②をそれぞれの観察場所に置き、送風機を容器から 10cm 程度離れたところに置き、風力を弱にして次の日までおいておく。

※ 送風機との距離は容器の中の水面が大きく揺れないよう調節する。



図 8 結晶の育て方

- ④ ミョウバンを容器から取り出し、キッチンペーパーの上など、別の場所においておく。
- ⑤ ③の水溶液を別の新しい容器に移し替え、④のミョウバンを入れる。結晶の高さから 1cm 以上高くなるよう水溶液を継ぎ足す。
- ⑥ ⑤を再び送風機の前に置き、次の日まで待つ。
- ⑦ ④～⑥を 5 日間繰り返す。

場所：学校の教室の 6 か所に設置。以下の影響を調べる。

- ・ ①(囲いあり)と②(囲いなし)：日光の当たり方による影響はあるのか
- ・ ③(台なし)と④(台あり)：高さの違いによる影響はあるのか。
- ・ ②③⑤⑥：教室の位置の違いによる影響があるのか



図 9 設置位置(ころがして育てる方法)

予想：・窓際（②③）より廊下側（⑤⑥）の方がきれいな結晶ができる。

・日光の当たる場所（②）と高さのない場所（③）より日光の当たらない場所（①）と高さのある場所（④）の方が大きい結晶が出来る。

（２）追試結果

結晶の大きさ さ(cm)	結晶の写真					
	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	
1日目	0.5	0.5~0.6	0.4~0.6	0.4~0.6	0.4~0.6	0.3~0.5
2日目	0.6~0.7	0.5~0.7	0.5~0.8	0.5~0.8	0.5~0.7	0.4~0.6
3日目	0.7~0.9	0.8~1.1	0.6~1.0	0.6~1.0	0.7~0.9	0.6~0.8
4日目	0.7~1.1	0.8~1.2	0.6~1.2	0.8~1.2	0.8~1.1	0.7~1.0
5日目	0.8~1.3	0.8~1.3	0.8~1.3	0.8~1.2	0.8~1.1	0.9~1.2
天気	曇り					
1日目	晴れ					
2日目	晴れ					
3日目	晴れ					
4日目	晴れ					
5日目	晴れ					
水温(°C)	17	17	16.5	16	16.5	16.5
	19	19	18	18	18.5	18
	17	18	14	14	14	13.5
	16	16	16	15.5	16	16
	15	15	15	15	16	16
①	②	③	④	⑤	⑥	

表４ 追試結果（ころがして育てる方法）

(3) 考察

表から以下のことが分かった。

- ・ 結晶はどの箇所でもできている。
- ・ 結晶の大きさはどれも同じくらいになっている。
- ・ 結晶の形は崩れていない。
- ・ 結晶の大きさの変化が目に見えてわかる。
- ・ 水温の差はほとんど見られない。

同じ部屋ではあるが、日光の当たり方や風の通り方などによって水温が大きく異なるのではないかと予想していた。しかし今回の追試で水温に大きな変化が見られなかった。使用した部屋の位置があまり日光の入らない場所であったこと、水温を計測したのが夕暮れ頃であったこと、日ごとに水溶液を継ぎ足していたこと、送風機で風を水面近くに送っていたことなど、さまざまな要因で計測時に水温に変化が見られなかったのではないかと考えている。また、今回の追試では結晶が溶けることなく、日が経つにつれ目に見えて大きくなっていることがわかるほど大きさに変化があった。水溶液を継ぎ足した際に結晶の8面のうち一番小さい面が下になるように調節していたため、きれいな形の結晶ができていた。この方法であれば、結晶の大きさの変化や形のきれいな結晶を子供たちが実際に見ることができるだろう。

しかし、小学校では今回のように1日中送風機をつけておくこと、一人ひとつのセットで行うこと、全員が毎日世話を続けること、結晶を育てるのに適した場所を確保することなど実験を行うには困難なことが多くある。そのため、大人数であっても一人ひとつで実験ができ、場所や手間、費用を少なくできるよう工夫する必要があると考える。

3. 糸や結晶を入れずに水溶液だけで結晶を作る方法

前章で調べた方法の内、東京書籍（昭和 55 年度）に掲載されていた方法を用いてミョウバンの結晶づくりを行った。この方法は、今回調べた方法の中で最も古く、吊るし法と寝転がし法を合わせたようなやり方になっており、この 2 つと違った方法だと考える。そこでこの方法で結晶づくりを行うと結晶がどうなるのかについて調べていく。

(1) の概要

目的：結晶はできるのか、条件(高さ，日照，通気性)が異なると結晶の
でき方は違ってくるのか、などについて調べる。

期間：平成 29 年 4 月 24 日～平成 29 年 4 月 25 日(1 回目)

平成 29 年 4 月 25 日～平成 29 年 4 月 26 日(2 回目)

平成 29 年 4 月 26 日～平成 29 年 4 月 28 日(3 回目)

※今回の追試実験では結晶が上手く育たなかった。

原因を突き止めるため、3 回実験を行った。

道具：ミョウバン、ペトリ皿×6(×12)、ビーカー、温度計、割り箸、
お湯、囲い、1m 程度の台、はかり

方法：① 80℃のお湯にミョウバンを 10 g 入れ，割りばしでよくかき混ぜ
溶かす。ミョウバンがお湯に溶けきれなくなるまで，10 g ずつ
足して溶かすという作業を繰り返す，できるだけ濃い水溶液を
つくる。

② ペトリ皿 6 つに同じ量ずつ水溶液を入れていく。

③ 6 つの場所に②をそれぞれ置く。

※3 回目のみ，12 セット用意し 6 つの場所に 2 つずつ置く。

(ペトリ皿の蓋の有無に影響があるのかを調べる比較実験を行う
ため)

場所：学校の教室の6か所に設置。

- ・①(囲いあり)と②(囲いなし)：日光の当たり方による影響はあるのか
- ・③(台なし)と④(台あり)：高さの違いによる影響はあるのか。
- ・②③⑤⑥：教室の位置の違いによる影響があるのか



図 10 設置位置(糸や結晶を入れずに水溶液だけで結晶を作る方法)

(2) 追試結果

【1回目】

結果：結晶のでき方に違いが出ていた。①③④⑥では大きい結晶ができたが、どれも形が平らに崩れ、きれいな正八角形になっていない。これは結晶が早く大きくなりすぎたことが原因であると考えられる。また、②⑤では結晶が1つもできていなかった。

表 5 追試結果①(糸や結晶を入れずに水溶液だけで結晶を作る方法)

①	②	③
		
<ul style="list-style-type: none"> ・少し大きい結晶が多くできている ・形は崩れている 	<ul style="list-style-type: none"> ・1個も結晶がない ・変化なし 	<ul style="list-style-type: none"> ・2個の結晶ができ、くっついている ・形は崩れている


④	⑤	⑥
		
<ul style="list-style-type: none"> ・ 2 個の結晶ができ、くっついている ・ 形は崩れている 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1 個も結晶がない ・ 変化なし 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 形の崩れた大きい結晶が 1 個できる ・ 小さい粒ができる



【2 回目】

糸や結晶を入れずに水溶液だけで結晶を作る方法では本当にきれいな結晶が作れないか確認するために、1 回目と同じ条件でもう一度実験を行った。

結果：今回はどの場所でも結晶はできず、ペトリ皿の底に小さな粒がたくさんできていた。水溶液が 1 回目よりも多く蒸発しており、ほとんど残っていないものもあった。今回は、蒸発の速度が速すぎて結晶が大きくなれなかったのではないかと考える。

表 6 追試結果②（糸や結晶を入れずに水溶液だけで結晶を作る方法）

①	②	③
		
<ul style="list-style-type: none"> ・ 小さい結晶が多くできている ・ 水は少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 小さい結晶が多くできている ・ 水は少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 小さい結晶が多くでき、少し白っぽい ・ 水はほとんどない



④	⑤	⑥
		
<ul style="list-style-type: none"> ・小さい結晶が多くでき、白っぽい ・水は蒸発している 	<ul style="list-style-type: none"> ・小さい結晶が多くでき、白っぽい ・水が蒸発している 	<ul style="list-style-type: none"> ・小さな結晶が多くできている ・水はほとんどない

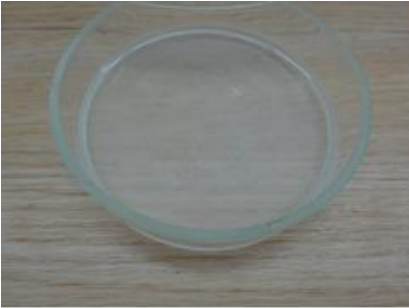



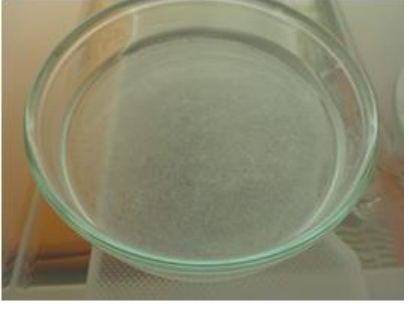



【3回目】


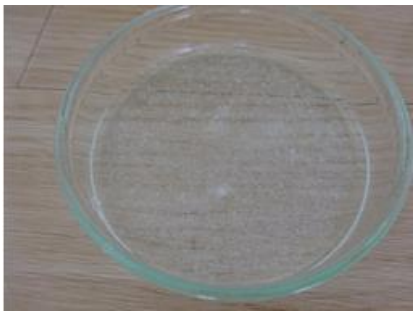
蓋の有無で結晶のでき方に変化があるのかについて調査するために実験を行った。

結果：すべての場所で大きな結晶はできていなかったが、蒸発量に違いが生じた。蓋がないもののほとんどが乾燥しきっており、全体が白くなっていた。蓋がある方は蒸発していたものの、まだ水溶液が残っていた。このことから、蓋をつけていた方が水の蒸発量を抑えることができるのではないかと考える。

表7 追試結果③（糸や結晶を入れずに水溶液だけで結晶を作る方法）

	蓋がある	蓋がない
①	 <ul style="list-style-type: none"> ・水溶液が残っている ・小さい粒ができている 	 <ul style="list-style-type: none"> ・水溶液が少し残っている ・小さい粒ができている

②	 <ul style="list-style-type: none"> ・水溶液が少しだけ残っている ・小さい粒ができ、少し白い 	 <ul style="list-style-type: none"> ・水溶液が全て蒸発している ・小さい粒がたくさんでき、白くなり底全体にこびりついている
③	 <ul style="list-style-type: none"> ・水溶液が少し残っている ・小さい粒ができている 	 <ul style="list-style-type: none"> ・水溶液が全て蒸発している ・小さい粒ができ、少し白い
④	 <ul style="list-style-type: none"> ・少し水溶液が残っている ・小さい粒ができ、少し白い 	 <ul style="list-style-type: none"> ・ほとんど水溶液がない ・少し水分を含んだ小さい粒ができている
⑤	 <ul style="list-style-type: none"> ・少し水溶液が残っている ・小さい粒ができ、少し白い 	 <ul style="list-style-type: none"> ・水溶液が全て蒸発している ・小さい粒ができ、少し白い

⑥	 <ul style="list-style-type: none"> ・水溶液が残っている ・小さい粒ができています 	 <ul style="list-style-type: none"> ・水溶液は少し残っている ・小さい粒ができています
---	--	---

(3) 考察

3回行った実験の結果から糸や結晶を入れずに水溶液だけで結晶を作る方法では結晶ができない可能性が高いことがわかった。また、結晶ができた場合でも蒸発が早いため、結晶が急速に大きくなりすぎ、形が崩れたり、少し白くなってしまったりすることもわかった。このようにきれいな結晶ができなかったのは、気温や湿度、蒸発量、水溶液の濃度など様々な要因があるのではないかと考えたが、この追試の実験で得た情報だけでは原因を見つけることができなかった。そのため、きれいな結晶作りを行うための条件や方法が完成されていないこの方法では子供たちに結晶の変化や美しさを伝えることは困難であると考えます。

また、今回行った3回目の実験で蓋の有無で水溶液の蒸発量に変化があるのかについて調べたところ、蓋を付けている方が蒸発量を少しではあるが抑えることができるということが分かった。ミョウバンの結晶を作る際に、急激な水溶液の蒸発が起こると結晶が大きくなりすぎて形が崩れてしまうことも今回の実験から分かっている。そのためミョウバンの結晶作りの実験で、蒸発量が多すぎる場合には蓋を付けるなど急激な水溶液の蒸発を防ぐことができるのではないかと考える。

第4章 教材研究

前章で3つの追試験を行った結果、寝転がし法が最も大きくきれいな結晶を育てることができ、結晶が育つ過程の観察も容易であると感じた。また、子どもたち自身が結晶の美しさや変化の様子の楽しさを実感するには、授業の中で学級の全員が結晶作りを行えるようにしたいと考えた。

そのため、本研究では寝転がし法をもとに子ども一人ひとりが自分の結晶を作れ、学校でも実験を行えるようなキットを作成することにした。

1. 冷蔵庫を使って結晶を育てる

前章の追試から、学級全員が結晶作りを行うには送風機を使用せずに結晶作りを行うようにする必要があると考えた。送風機を使用する場合、1つの送風機で風を送れる範囲は限られているため、30人前後の子どもたち全員が結晶作りを行うには複数の送風機を使用するだろう。しかし、複数の送風機を使用するには、設置場所、送風機から生じる騒音による授業への影響、電源の確保や電気料金の問題など様々な問題があるため、送風機を使用しないようにしたい。

送風機を使用する目的は、水溶液の蒸発を促すことである。そこで、常にファンで冷気が循環している冷蔵庫の中であれば送風機がなくてもきれいな結晶作りができるのではないかと考えた。また、送風機で実験を行う場合、気温や湿度の関係で結晶が大きくなることがあるため、時期も考慮しなければならなかった。しかし、冷蔵庫の中であれば温度や湿度は一定になるよう調節されているため、気温や湿度による影響がなくなり、どの時期でも結晶作りを行うことができるだろう。

以上から冷蔵庫の中でもきれいな結晶作りが行えるかについて調べる。

(1) 実験の概要

目的：送風機を使用せず、冷蔵庫の中で結晶を育てた場合でもきれいな結晶ができるのかについて調べる。

道具：ミョウバン(500g)、ふきん、温度計、はかり、耐熱容器(350ml)、キッチンペーパー、割り箸、持ち手付きビーカー(500ml)、お湯 300g×2、水 200ml 程度×2、500ml のペットボトル×2、冷蔵庫、容器(長さ 15cm 程度)×2、タッパー(長さ 15cm 程度の容器が入る大きさ)、方眼の入った下敷き、ものさし

方法：第3章の2と同じ方法であるため、変更部分のみ記載することとし、同じ部分は省略する。

【結晶の育て方】

- ① ミョウバンの粒の中から形の良いきれいな結晶を 20 個見つける。
(角が欠けていないものがよい)
- ② 第3章2と同じため詳細を省く
- ③ ②をタッパーの中に入れ、蓋をしっかりと閉める。タッパーごと冷蔵庫の中に入れておく。
- ④ 第3章2と同じため詳細を省く
- ⑤ 第3章2と同じため詳細を省く
- ⑥ ⑤をタッパーに入れ、蓋をしっかりと閉じて、再び冷蔵庫の中に置き、次の日まで待つ。
- ⑦ 第3章2と同じため詳細を省く

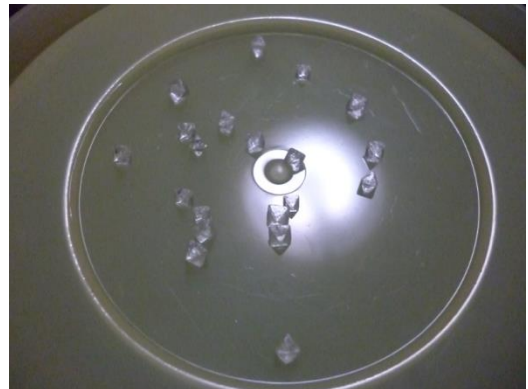


図 11 結晶を育てる過程

※ 結晶が大きくなり結晶同士の間隔が狭くなってきたら、結晶の数を半分ほど減らして育てるようにする。育て続ける結晶はできるだけ形のきれいなものを選ぶようにする。


※ 結晶が大きくなってきたら結晶の数を減らすことで結晶一つひとつに集まるミョウバンの量が増えるため、大きくなりやすくなる。



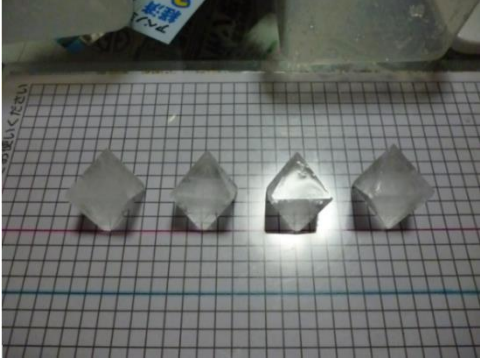
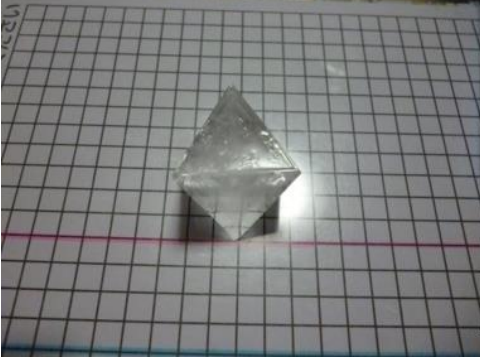
そのため結晶が大きくなりにくくなった場合には、結晶の数を減らすようにすると再び結晶が大きくなりやすくなる。


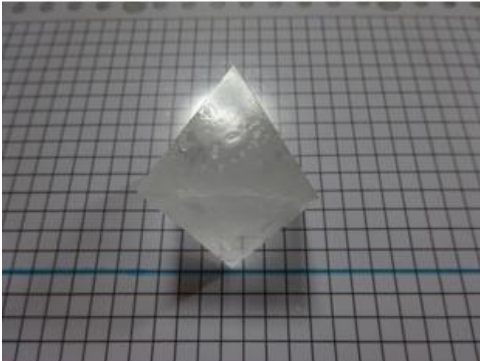
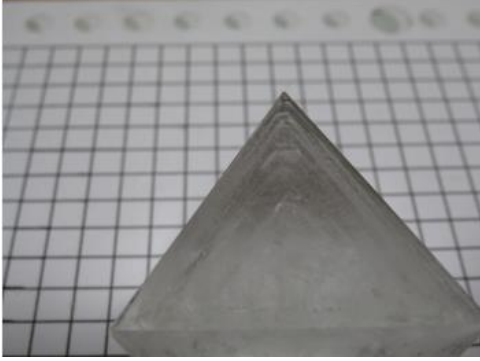
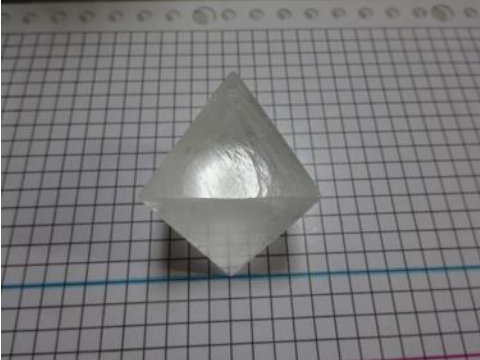
(2) 結果

冷蔵庫で結晶作りを行うと、どの結晶も形が崩れたり白く濁ったりすくことなく、徐々に少しずつ大きくなっていった。1週間ほどで20個全ての結晶が大きくなり、結晶同士の間隔が狭くなってきたので、実験開始8日目には半分の10個にして実験を続けた。またその後もすべての結晶が均等に大きくなり続けたため13日目に4個、34日目には1個と少しずつ育てる結晶の数を減らし、115日間育て続けた。

表8 実験結果（冷蔵庫を使って育てる）

	結晶の様子	結晶の写真
1 日 目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大きさ:0.5~0.6cm 実験前はどの結晶も0.3cm程度であったが、1日で0.2cmほど大きくなっている。そのため、結晶の大きさの変化が分かりやすかった。 ・ 角が少し丸みを帯びているが、角はしっかりとしており形もほとんど崩れていない。 ・ 容器の底に小さい結晶が多くできており、育てている結晶にもいくつかひっついていた。 	

<p>8 日 目</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 大きさ：約 1 cm(最大 1.2cm) 前日から結晶の数を半分に減らして育てているが、大きさは順調に大きくなってきている。 • 角がしっかりしており、形もきれいな正八面体になっている。表面もつるつるで透明度は高いままである。 • 容器の底に小さい結晶がほとんどできなくなっている。 	
<p>13 日 目</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 大きさ：約 2cm • 10 個から 4 個に減らした。 • 少し角が平らになっている。 • 実験途中角が少しかけたり結晶の面の大きさが違ったりしたが気になる面を容器の底とひつつくよう(1番下)にするとかけた部分は平らに、小さい面は大きくなっている。 • 少し白っぽいが透明。 	
<p>26 日 目</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 大きさ：約 3cm • 4 個の中で大きさの違いが出ている(右の写真のように右端の結晶が他のものより 1 周り大きい。) • 平らになっていた角がしっかり尖り、美しい正八面体になっている。 • どの結晶も形は整っているが、中には少し細長くなっているものもある。 	
<p>34 日 目</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 大きさ：約 3.4cm • 4 個から 1 個に減らした 4 個のときには少し大きくなりやすくなっていたが、1 個に減らしたことで再び大きくなりやすくなった。 • 角が少し平たくなっていたが、形は整っている。 • 結晶の形が崩れにくくなった。 • 色は少し白っぽいが透明。 	

<p>67 日 目</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大きさ：約 4.5cm ・ 少し丸みを帯びている角があり、なかなか尖らない。 (水溶液を継ぎ足す量が少なかったため、水溶液の濃度が低く、成長が遅くなっているのかもしれない) ・ 表面に少し線が入っているが、つつるしている。 ・ 水溶液の 1 部を新しいものに交換して様子を見ることにした。 	
<p>75 日 目</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大きさ：約 4.7cm ・ 一度角が丸みを帯びていたが、どの角もしっかりと尖っている。 ・ 全ての面が同じ大きさとなり、美しい正八面体になっている。 ・ 表面もつつるしており、線なども入っていない。 ・ 少し中の方が白っぽくなっているが透明できれいな結晶になっている。 	
<p>93 日 目</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大きさ：約 4.9cm ・ 実験開始のころより目に見える変化はなくなったが、少しずつ順調に大きくなっている。 ・ 結晶の中をよく見ると、層のようなものがみえる。 ・ 角はしっかり尖っている。 (前日は少し角がギザギザしていた) ・ 表面はつつるしている。 	
<p>115 日 目</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大きさ：約 4.7cm ・ 少し溶けて小さくなってしまった。 ・ 水溶液の交換や継ぎ足しを二週間程怠っていたため、水溶液の濃度が低くなり、溶けてしまったのではないかと考える。 ・ 角が少し丸くなっている。 ・ 表面はつつるしているが、少し溶けたような跡が見られる。 ・ 以前より透明度がさがり、白い。 	

(3) 考察

実験結果から、冷蔵庫を使って結晶を育てると、大きく美しい結晶を作ることができることがわかった。実験開始 115 日後には手のひらサイズとなり、初日の結晶と並べて比較すると、かなり大きくなっていることが目に見えてわかる。また重さもかなり重たくなっているため、1 日目と 90 日目を両手に載せて比べてみると重さの違いも実感することができる。今回は 115 日で実験を終えたが、このままさらに大きくすることも可能であると考えている。

結晶作りを終えた後、自分の結晶を手にしてみると、達成感を感じることもできた。子供たちの創作意欲を刺激したり達成感を感じさせたりする良い機会になるのではないだろうか。

また、今回のように実験開始から少しずつ結晶の数を減らす場合は、必ず取り除いた結晶を残しておくが良い。実験途中で図 9 のように育てた日数順に横に並べて大きさの比較をするとどれだけ大きくなったのかがわかりやすく、子供たちが結晶の大きさや形の変化に気づくことができるだろう。



図 12 20 日目の結晶との比較
(左から開始前、7 日目、
13 日目、20 日目)

今回の実験の最終日には結晶が溶けてしまった。2 週間程世話を怠り水溶液の交換・継ぎ足しを行わなかったことが原因であると考えている。このことから、結晶作りの際には世話を怠ってはいけないということもわかった。

以上のことから、冷蔵庫は結晶作りの場に適していると考えられる。

2. 保冷剤を入れた保冷バッグで育てる

前述の実験から冷蔵庫を使用した場合、きれいな結晶作るには毎日の世話が欠かせなかった。特に結晶が小さい時(実験開始から2週間程度)には形が崩れやすいため、毎日結晶の一番下の面を入れ替えたり、容器を変えたり、水溶液の継ぎ足しを行わなければならない。また、結晶が大きくなっていても水溶液の交換を行わずに2週間放置してしまうと、結晶が溶けてしまう可能性がある。このように毎日の世話が必要となると小学校で行うことは困難だと考える。おそらく小学校には理科準備室に冷蔵庫がある。そのため、実験は理科準備室で行われるようになるが、移動時間や世話にかかる時間などを考えると毎日世話をすることは困難である。また、理科準備室には危険な薬品も管理されているため、子供だけで行かせることができず、必ず教員の同伴が必要となる。そうすると教員の負担が大きくなり、授業に支障が出てくるかもしれない。以上のことから、このままでは結晶作りを学校で行うことができないと考えられる。

そこで以上の問題点を解消するためには教室内で冷蔵庫と同じような環境が作れ、なおかつ結晶の世話を少なくできる方法を考える必要がある。冷蔵庫の中は常に温度や湿度が一定で、気温が低い環境となっているが、このような環境に近いものを保冷剤と保冷バッグを使うことで作れるのではないかと考えた。また、保冷バッグを学級全員分おくとするとスペースをとりすぎてしまうため、1つの保冷バッグで4人程度の結晶を育てられるようにしたい。そのため1人ずつの容器を小さいものにする。このように条件をいくつか変更した状態でも美しく大きな結晶作りが行えるのかを検討していく。

(1) 実験の概要

目的：冷蔵庫の代わりに、保冷剤を入れた保冷バッグを使用し、美しい結晶ができるのかについて調べる。

道具：ミョウバン(500g)、ふきん、温度計、はかり、耐熱容器(350ml)、キッチンペーパー、割り箸、持ち手付きビーカー(500ml)、お湯 300g×2、水 200ml 程度×2、500ml のペットボトル×2、保冷バッグ(縦:17.5cm、横:22.5cm、高さ:18.9cm)、ものさし、保冷剤(6時間保冷可能)×2、方眼の入った下敷き、食品用シール容器(丸型、容量 70ml)×8

方法：第3章の2と同じ方法であるため、同じ部分は省略する。

【飽和水溶液をつくる】 第3章2と同じなので詳細を省く

【結晶の育て方】

① ミョウバンの粒の中から形のきれいな結晶を40個見つける。

(角が欠けていないものがよい)

② 4つの容器に水溶液を容器の底から1cm程度の高さになるまで入れ、①のミョウバン各容器に10個ずつ入れる。

※ミョウバンの粒同士がくっつかないように間隔をあける。

③ 保冷バッグの底に凍らせた保冷剤を入れ、その上に②の容器を全て置き、蓋をする。そのまま日の当たりにくい場所に置き、次の日まで待つ。

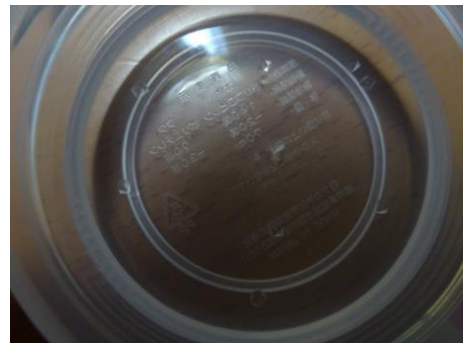


図 13 実験過程の様子

④⑤ 第3章2と同じなので詳細を省く

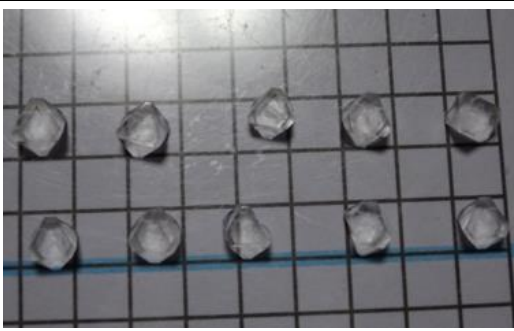
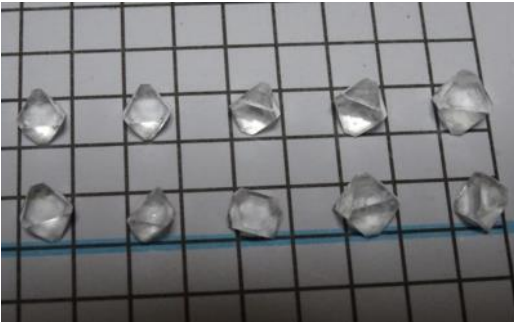
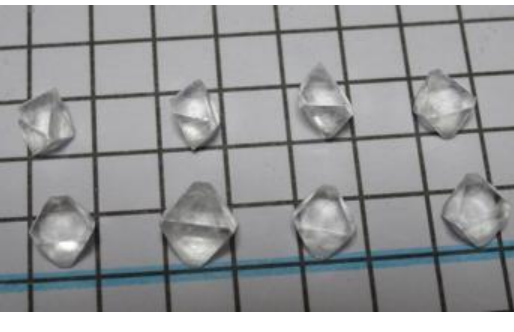
⑥ ⑤を再び日光の当たりにくい場所に置き、次の日まで待つ。

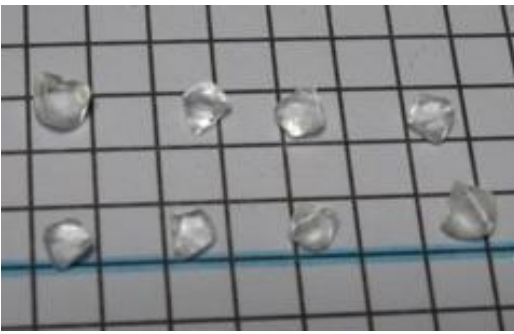

⑦ ④～⑥を5日間繰り返す

(2) 結果

4つの容器で育てたが、どれも同じよう変化であったため結晶を観察して分かったことについて以下の表一つにまとめている。また、写真は最も変化が分かりやすくなっている容器の写真のみ掲載している。

表9 実験結果（保冷剤を入れた保冷バッグを使って育てる）

1 日 目	<ul style="list-style-type: none">・ 大きさ:約 0.5cm・ 少し早く育ちすぎかもしれない・ 角が平たくなっている。・ 8面の中で大きい面と小さい面の大きさにかなり違っており、形は平らになり気味。少し形が崩れている。	
2 日 目	<ul style="list-style-type: none">・ 大きさ:約 0.6cm・ 1日目よりも少しだけ大きくなっている。・ 結晶の面の大きさが同じくらいになり形が整いはじめた。・ 角はまだ平らになっているものが多い。	
3 日 目	<ul style="list-style-type: none">・ 大きさ:約 0.7cm・ 10個を8個に減らした。・ 少しだけ大きくなっており、形が正八面体に近づいている。・ 前日に水溶液を継ぎ足さなかったためか、少し結晶が丸みを帯びている。	

4 日 目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大きさ:約 0.4cm ・ 結晶が溶け、小さくなっている。 ・ 形がかなり崩れてしまい、角は丸くなっている。 ・ 保冷剤の交換をし忘れ、水温が前日の2倍になっていた。(結晶が溶けた原因は水温だと考えられる) 	
5 日 目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大きさ:約 0.6cm ・ 再び3日目と同じくらいの大きさに戻ったが、形が崩れているものもある。 ・ 全体的に角が少し丸い ・ 少し白く濁っている ・ 表面に線が入っている。 	

(3) 考察

実験を通して、保冷剤を入れた保冷バッグの中でも結晶がそだつことがわかった。1日目の成長が早く、少し形は崩れてしまうが小さな結晶ができにくいので表面はきれいにできていた。しかし、冷蔵庫で育てたときよりも結晶の大きさの変化がわかりにくいことや保冷剤や水溶液の継ぎ足しを毎日行わなければ、結晶の角が丸くなったり、結晶が溶けてしまったりすることがわかった。

また、1つの保冷バッグで4つの容器を入れて育てた場合どの容器も同じように大きくなっており、丸容器1つを一人分として育てていけば1つの保冷バッグで4人まで結晶作りを行うことができ、場所の限られた教室内であっても結晶作りを行うことが可能であるだろう。

以上のことから多少の改良が必要だが、保冷バッグを利用した方法は教室内でも結晶作りが行えるので有効ではないかと考える。

3. 保冷剤を置く位置を変更し保冷バッグの中で育てる

前述の実験では保冷剤の上に容器を置き、下から冷却して結晶を育てていた。実験を通して結晶は大きくなっていったが、保冷剤の変え忘れをしてしまった時に結晶が溶けてしまっていた。これは保冷剤の上に結晶の入った容器を置くと、保冷剤の温度変化が水溶液の温度変化に大きな影響を与えてしまっているからではないかと考えた。そこで、保冷剤の位置を変え、容器の上から冷却すると結晶はどうなるのだろうかという疑問が出てきたため、調査を行った。

(1) 実験の概要

目的：保冷剤を入れずに保冷バッグのみで結晶作りを行うと、美しい結晶ができるのかについて調べる。

道具：ミョウバン(500g)、ふきん、温度計、はかり、キッチンペーパー、持ち手付きビーカー(500ml)、500mlのペットボトル×2、お湯 300g×2、水 200ml程度×2、割り箸、方眼の入った下敷き、保冷バッグ(縦:17.5cm、横:22.5cm、高さ:18.9cm)、ものさし、タッパー(蓋なし)、食品用シール容器(丸型、容量 70ml)×4

方法：

【飽和水溶液をつくる】 第3章2と同じなので詳細を省く

【結晶の育て方】

- ①② 第4章2と同じため詳細を省く。
- ③ ②の容器を全てタッパーに入れ、その上に保冷剤をかぶせるように置く。日の当たりにくい場所に置き1日待つ。

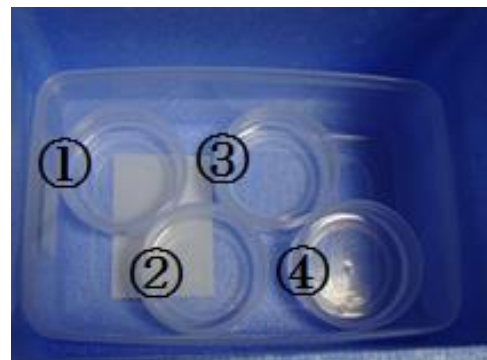
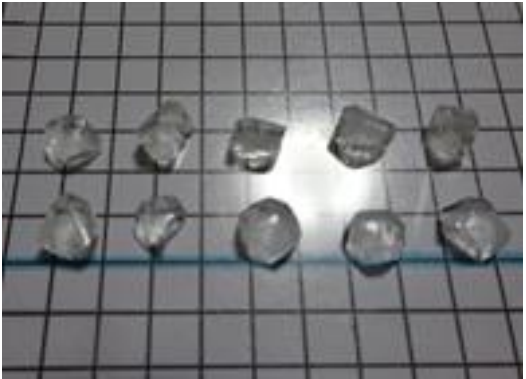
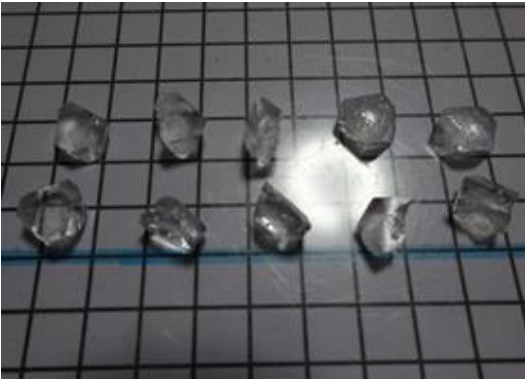
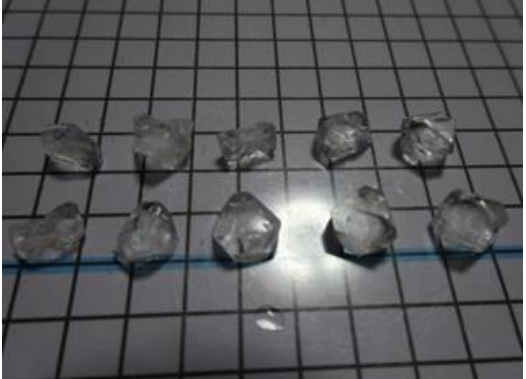



図 14 容器の配置

(2) 結果

実験開始 1 日目で結晶の形が崩れたり、溶けてしまったりしている。
4 つの容器で結晶がどのようなになっているのかを示すために結果を表に
まとめる。

表 10 実験結果 (保冷剤の位置を変え保冷バッグの中で育てる)

①	②
 <p data-bbox="268 1160 778 1319">・少し溶けているように見える。 ・角が丸くなっている。 ・形が崩れて八面体になっていない結晶もある。</p>	 <p data-bbox="817 1160 1327 1274">・形が崩れ細長くなっている。 ・3 個ほど角が丸くなっている。 ・透明で透き通っている。</p>
③	④
 <p data-bbox="268 1794 778 1993">・表面の大きさがバラバラで形が崩れ平たくなっている。 ・透明で透き通っている。 ・角が丸く、どの結晶少し溶けているように見える。</p>	 <p data-bbox="817 1794 1327 1993">・2 個ほど角が丸くなっているものがある。 ・透明で透き通っている。 ・他の容器より大きく、形もあまり崩れていない。</p>

(3) 考察

保冷剤の位置を変え上から冷却すると溶けたり形が崩れたりする結晶が増えてしまった。保冷剤が下にあった時のほうが保冷剤の影響が少なかったのではないかと考える。また、保冷剤の位置を上にするると結晶が急激に大きくなりすぎてしまい形が崩れやすくなること、保冷剤で冷却できなくなると水溶液の温度が第4章2の実験よりも早く高くなり結晶が溶けてしまいやすくなることがわかった。このことから保冷剤は容器の下において使用するほうが良いと考えられる。

第4章2と第4章3から、保冷剤を使用すると教員の負担が増えるのではないかと考える。第4章2の結果から、1日でも保冷剤の取替えができなかった場合、結晶が溶けてしまうことがわかっている。保冷剤を毎日変えるためには、やはり冷蔵庫を使用して保冷剤を凍らせ、凍った保冷剤を子供たちが結晶を育てている場所まで運ばなければならない。多忙な担任教師が常に保冷剤のことまで気にかける余裕はないだろう。また、実験を夏に行うと気温が高いため保冷剤がすぐに溶けてしまうと考えられる。そのため、1日に2回保冷剤を交換しなければ子供たちの育てている結晶が溶けてしまい、中には溶けてなくなってしまう結晶もあるだろう。以上のことから保冷剤の使用は避けたほうが良いと考える。

結晶ができるためには、冷却するか水を蒸発させるか、このどちらかが必要となる。これまでの実験では冷却することに目をむけてきたため今度は水を蒸発させることに目を向け、結晶を育てる方法を考えていくと良いのではないかと考える。

4. 除湿剤を入れた保冷バッグの中で育てる

前述の実験より冷却する方法では結晶作りによる教員の負担が大きいことや結晶が溶けてしまう可能性があることがわかった。そのため、他の方法を考えることにした。そこで、もう一度美しい結晶作りが成功した冷蔵庫の特徴について見直してみたところ、冷蔵庫には除湿機能がついていることに気がついた。結晶を作るために水を蒸発させる方法もあるので、保冷バッグの中に除湿剤を入れてみると美しい結晶作りができるのではないかと考え、実験を行った。

(1) 実験の概要

目的：除湿剤を入れた保冷バッグで結晶作りを行うと、美しい結晶ができるのか、また、数日間水溶液を交換せずに育てるとどうなるのかについて調べる。

道具：ミョウバン(500g)、ふきん、温度計、はかり、キッチンペーパー、持ち手付きビーカー(500ml)、500mlのペットボトル×2、お湯 300g×2、水 200ml程度×2、割り箸、方眼の入った下敷き、保冷バッグ(縦:17.5cm、横:22.5cm、高さ:18.9cm)、ものさし、除湿剤(ドライペット)、食品用シール容器(丸型、容量 70ml)×4

方法：

【飽和水溶液をつくる】 第3章2と同じなので詳細を省く

【結晶の育て方】

① ミョウバンの粒の中から

形のきれいな結晶を 20 個見つける。

(角が欠けていないものがよい)

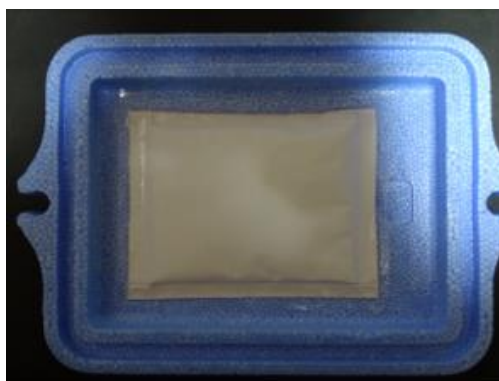


- ② 4つの容器に水溶液 30ml を入れ、
①のミョウバンを各容器に 5 個ずつ
入れる。

※ミョウバンの粒同士がくっつかない
ように間隔をあける。



- ③ 保冷バッグの蓋に除湿剤を張り付け
保冷バッグの中に②の容器を置き、
蓋をして日の当たりにくい場所で 1 日
置いておく。



- ④ ミョウバンを容器から取り出し、
キッチンペーパーの上など、別の場所
においておく。

- ⑤ 水溶液を少し継ぎ足す。

※本実験では図 15 のように丸容器に
入っている線の内、下から 3 本目の
ところまで水溶液を継ぎ足す。



- ⑥ 結晶を⑤に入れ、再び保冷バッグの
中に入れ、蓋をして 1 日置いておく。

図 15 実験の様子

- ⑦ ④～⑥を数日繰り返す。

※結晶の面に大きさの違いが出てきた場合には、八面のうち一番小さい面が 1 番下（容器の底と接するよう）に結晶を水溶液の中に戻す。

(2) 結果

1日目、2日目を観察したところ、目に見える大きさの変化はあったもののこれまでほど大きくなっておらず容器の底に小さな結晶もできていなかったため、容器の交換をする必要がなかった。

そこで3日目～7日目の5日間で結晶の世話を行わずに放置しておくとうなるのかについても調べることにした。結晶

は溶けることなく徐々に大きくなっていった。角も平らになっていったがしっかりしており透明度も高かった。また結晶の形も少し平たくなっていったものの、そのまま結晶作りを修復可能な形であった。



図 16 実験で作った結晶

(3) 考察

今回の実験では容器の底に小さなできていなかった。このような結果になったのは、これまでの実験と違って少し結晶の大きくなるスピードがゆっくりだったことが原因ではないかと考えている。除湿剤によってゆっくりと水が蒸発したことで、水溶液に溶けていたミョウバンの粒が5個のもととなるミョウバンの結晶に規則正しくくっついていったことで、溶けきれなくなるミョウバンの粒がなく、容器の底で余分に小さな結晶となって出てくることがなかったのではないだろうか。また数日間結晶の世話をしていなくても形が崩れたり結晶が溶けたりすることなく透明度の高い結晶ができていた。このことから保冷剤を入れた保冷バッグの中で育てる方法が学校で結晶作りを行う方法として一番適しているのではないかと考える。

第 5 章 授業実践

前章の実験結果から、第 4 章 4 で考えた除湿剤を入れた保冷バッグの中で育てる方法ならば学校で結晶作りが行えると考えため、今後の授業実践ではこの方法を用いることとした。

1. 目的

第 4 章 4 で作成したキットを用いて「ミョウバンの結晶作り」を単元の導入部分で行い、児童が結晶に興味もち楽しく学ぶことができるか、児童が実験の意味について考えられるか、キットを使って子どもたちが結晶作りを行えるかについて調査する。

2. 調査対象・時期

丸亀市立城北小学校 5 年生(1 学級)、男子 9 名、女子 19 名

平成 29 年 11 月 15 日(火)、16 日(水)

※調査を行うにあたり、事前に丸亀市立城北小学校には調査依頼文書(資料 1)を提出した。

3. 調査内容・方法

① 授業実践

第一次第 1 時：ワークシートとキットを用いた結晶作りの実験

第一次第 2 時：ワークシートによる児童の意見

② 事後調査

「理科」についてのアンケートの実地

就実大学 初等教育学科長 門原眞佐子

ゼミ担当教員 福井広和

ミョウバンの結晶作りを用いた授業実践についてのお願い

例年になく寒さが続いておりますが、校長先生をはじめ、城北小学校の皆様はいかがお過ごしでしょうか。

さて、本学に在学している嶋肖奈は、現在、卒業研究で5年生理科「もののとけ方」の単元を題材として研究しております。その中で特に「ミョウバンの結晶作り」に着目し、子どもたちの自然の事象に対する興味関心を高め、主体的で深い学びにつながるよう教材開発を重ねております。つきましては、ご多用のところ恐縮ですが、下記についてご承諾くださいますよう、お願い申し上げます。なお具体的な手続きにつきましては、今後とも本人と相談しつつ進めさせていただきたくれば幸いです。

記

【依頼事項】

1. 5年生における理科の授業研究

5年生2学級において「もののとけ方」の授業をさせていただきます。

学習の主な流れは教科書に従い、導入においてミョウバンの結晶作りを取り入れます。

2. 記録写真の撮影と論文への掲載

ミョウバンの結晶作りの様子を写真として記録し、卒業論文に掲載させていただきます。

完成した卒業論文は研究のため本学図書館でのみ閲覧可能とします。

4. 授業の実際

本研究では、「もののとけ方」の単元の導入としてミョウバンの大きな結晶作りの実験を取り入れた授業を2時間行った。

(1) 事前準備

第一次第1時の授業実践で児童に作成したキットを用いてミョウバンの大きな結晶作りの実験を行わせる。実験を行うにあたって事前に以下の2つのことについて準備を行った。

① 児童の実験に対する意欲向上のための工夫の準備

実験を児童に行わせる際には児童自身に実験をやってみたいと思わせることが大切だと考えている。児童の意欲の有無で実験への参加の仕方や実験から学べることが変わってくるからである。特に今回の実験は、「ミョウバンの結晶作り」であり、これまで結晶についてあまり触れたことのなかった子どもたちに「今から結晶作りをするよ」といっても自ら実験をやってみたいと思えるとは限らない。もしかしたら「結晶って何だろう」と思う児童もいるかもしれない。また、「ミョウバン」についてほとんどの児童は知らないだろう。聞きなれないものについて実験を試みようといわれても児童は困惑するだろうし、もしかしたら「実験をやらされている」「つまらない」と思う児童を増やしてしまうかもしれない。そこで、実験の前に児童に「結晶」がどのようなものであるのか、「ミョウバンとは何か」について理解できるように伝え、実験で結晶を作ってみたいと思えるような工夫が必要である。

まず児童に「結晶とはどんなものか」「ミョウバンは意外と自分たちの身近に使用されているもの」という認識をもたせるために、図17のよ

うな掲示物を用意した。次にミョウバンの結晶作りをしたいと思わせるようにするために、本研究の過程で作成したミョウバンの結晶（図 18）を用意した。

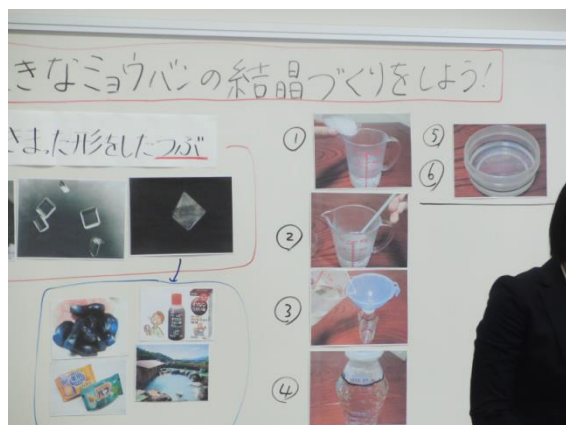


図 17 使用した掲示物の一部



図 18 児童に提示する結晶

② 45 分間で実験を行うための準備

研究開発時に行ったすべての実験工程を 45 分間の授業で収めるには少し時間が不足しているため、どこかの作業で時間短縮を図らなければならなかった。時間がかかりそうで、なおかつ作業を短縮しても児童の学習に影響が少ない活動はどこかについて考えたところ、「きれいな形をしたミョウバンを 5 個探す」という活動を短縮することにした。初めて「ミョウバンの結晶作り」を行う児童に形のきれいな結晶を選ばせると、どの結晶がよいのか迷ってしまったり、この結晶で本当によいのか教員に確認を求めたりする児童が多数いると考える。こうした事態を避けるために、「形のきれいな結晶 5 個」を教員が選び、チャックつきポリ袋に入れたものを学級の人數分用意することとした。



図 19 1 人分の結晶

また、今回の授業では学級全員の児童が実験に参加できるように2人1組で行う活動がほとんどであるが、そのうち水溶液作りを行う際にはお湯を使用することになっている。お湯の入った容器を14組用意しなければならないが、実験が始まってからお湯を1つずつ入れていったのでは、実験の進み方に差がでたり授業時間内に実験が終わらなかつたりするだろう。そこであらかじめ授業前にお湯を容器に入れておかなければならないが授業の導入で15分程度実験前の意欲付けや実験の説明などを行うため、そのまま放置するとお湯が冷めてしまう。そこで、20分程度お湯を入れたままにしてもお湯が冷めにくい方法を考えた。

図20のように保冷バッグにお湯の入った容器を入れていく。まずは8個をバッグの底に詰めて並べる。次に発砲スチロールの箱を上に乗せ、蓋にする(発砲スチロールで覆えない部分には銀紙で覆う)。上に乗せた発砲スチロールの中に4つ容器をいれ蓋をする。残り2つは銀紙で覆った容器の上に乗せ、銀紙をする。

最後に、保冷バッグの蓋をしっかりと閉じておいておくと20分程度放置しておいても冷めにくくなった。しかし多少お湯は冷めてしまうので、授業前に入れるお湯の温度を90度ぐらいにすることにした。



図20 お湯の保存の手順

(2) 第一次 第1時

実験の手順を示したワークシート(資料3)と実験のセットを配布して指導案(資料2)をもとに授業を行う。

本授業では結晶作りへの意欲を高め、キットを用いた実験を行わせる。実験を行うにあたって、児童全員が実験に参加できるように役割分担をする。役割はあらかじめ教員が決めておき、実験の流れを説明する際や実験中に各児童の役割について指示をだす。児童に指示が通りやすくするために授業の前に図21のような貼り紙を提示し、席の位置でA、B、C、Dの役割の記号を使って呼び分けることを伝える。各児童が自身の記号をしっかり理解し活動に参加できるように「自分の役割の記号が呼ばれたら手を挙げる」という活動を3通り程度行うようにする。また、実験を行う前に約束すること(注意事項)を3つ提示する。図22を児童に見せ一緒に1つずつ読んでいきながら内容を確認していく。

実験の時間に入ったらすぐに活動に移れるように実験道具を班ごとにトレーに乗せ用意しておく。

【トレーに用意するもの】

ガラス棒×2、ペットボトル、ふくもの(雑巾など)、ミョウバン75g、取手付きビーカー×2、じょうご、丸い容器×4



図21 役割の記号

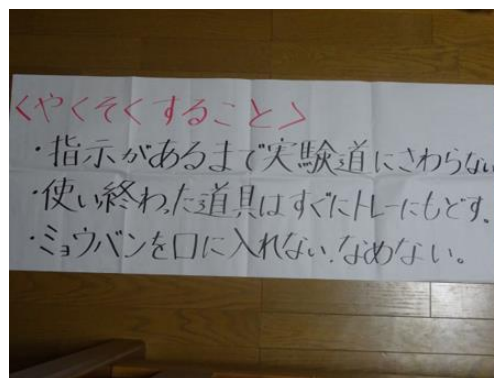


図22 注意事項

第5学年 理科学習指導案

学習指導者 嶋 肖奈

1 単元 もののとけ方

2 本時の学習指導 本時(1/15)

(1) 目標 結晶に興味をもち、結晶づくりを子どもたちの力で行うことができる。

(2) 学習指導過程

学習活動	児童の意識の流れ	教師の支援
<p>1. 小さい粒を拡大した写真で結晶を見る ①塩 ②砂糖 ③ミョウバン</p> <p>2. ミョウバンについて聞いたり、大きなミョウバンの結晶を見たり持ってみたりする。</p> <p>3. 本時の学習課題を確認する</p> <p>4. プリントをもとに結晶作りの実験をする。 (1)実験の準備 (2)プリントを見ながら実験をする (3)片づける</p>	<p>塩や砂糖ってどんな形をしているのかな？</p>	<p>○結晶に興味・関心をもたせるために、塩や砂糖の粒を拡大して見せ、結晶に違いがあることに気づかせる。</p> <p>○さらに結晶に興味・関心を持たせ学習内容に意欲が持てるようにするため、きれいな形をしたミョウバンの結晶を見せる。</p> <p>○ミョウバンへの興味を深めるためにミョウバンがどんなところで使われているのかを伝える。</p> <p>○自然現象の不思議を感じさせるために大きさの異なるミョウバンの結晶を見比べさせる。</p> <p>○大きな結晶作りへの意欲を高めるために、小さな結晶から大きな結晶を育てて作ったことを伝える。</p> <p>○安全に実験ができるように実験の作業の前に注意やしてはいけないことを伝えてから作業をさせる。</p> <p>○自分たちの力で実験が行えるようにするために、実験の仕方を写真付きで説明しているプリントを渡す。</p> <p>○全員が実験に参加し時間内に実験を終えられるようにするため、役割分担をする。 (詳しくは別紙に記載)</p>
	<p>こんな形をしているんだ！おもしろい！</p>	
	<p>きれいな形をしているけど何の結晶だろう？</p>	
	<p>ミョウバンってなんだろう？ どんなところで使われているのかな？</p>	
	<p>大きいけどこれもミョウバンの結晶なんだ</p>	
	<p>あの小さい結晶から大きな結晶にできるんだ！</p>	
	<p>・どうやって大きな結晶にしているのかな？ ・自分でも作ってみたい</p>	
	<p>大きなミョウバンの結晶作りをやってみよう</p>	
<p>これから結晶を大きくする水と育てる場所の用意なんかをするんだね</p>		
<p>必要な道具をとってプリントを見ながら実験をやっていくんだ</p>		
<p>・ミョウバンをお湯にに入れてまぜると透明になってみえなくなったよ ・形のきれいな結晶を5個探すんだね。 ・自分だけの容器があるんだね ・どうしてドライペットをいれるのかな？ ・ミョウバンを溶かした水に結晶をいれておくだけで本当に結晶が大きくなるのかな？</p>		

 実験の手順	5年	組 番 (11月 日()
<p>① プラカップ中のミョウバンを取手付きピーカーのお湯の中に入れ、ガラス棒で4分間かき混ぜる。</p>	かき混ぜる A・C	<p>⑤ ペットボトルのお湯を丸い容器の線のところまでそそぐ。</p>	
	時間をはかる B・D	<p>⑦ 袋から5個のミョウバンを取り出し、きれいな形をしているか確認する。</p>	
<p>② じょうごを使って、取手付きピーカーのお湯をゆっくりとペットボトルにうつす。</p>	お湯を入れる A・C		角がある (丸くなっているのはOK!)
	おさえる B	<p>⑧ 5個のミョウバンをそれぞれがくっつかないように気を付けて丸い容器のお湯の中にそっと入れる。</p>	角が欠けている
<p>③ からになった取手付きピーカーで水をくみ、③のペットボトルの線のところまで水を入れる。</p>	水を入れる D		<p>⑨ 丸い容器を青い箱の中に全て入れ、箱のふたをして机の真ん中に置く。</p>
	ふる B		

【実験道具】

○お湯の入った取手付きビーカー



○プラカップに入ったミョウバン



○ガラス棒



○じょうご



○ペットボトル



○丸い容器



※プリントには記載していないが、この他にも保冷バッグとふくもの(雑巾)を用意しており、実験途中で各グループに1つずつ配布している。



図 23 保冷バッグ

班ごとに各自の結晶の容器を青い保冷バッグに入れ(図 24)、蓋をした状態で机の上に残したまま授業を終了した。授業の後、各保冷バッグを理科室の後方にある実験道具棚の空いている場所の中に移動させ、1日放置した。児童が作った水溶液入りのペットボトルも同じ棚に保管した(図 25)。2回目の授業まで他学年の児童が授業や掃除で理科室に出入りするようになっており、実験中のキットに触ってしまう可能性があったため、図 26 のような張り紙を 2 枚用意し、キットの前に置いていた。



図 24 保冷バッグの中



図 25 保管場所の様子

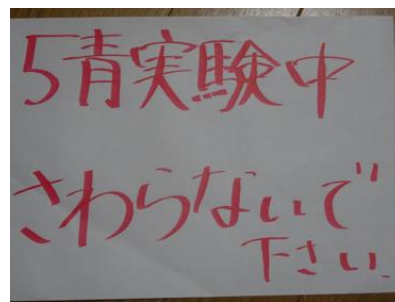


図 26 実験中の用紙

(3) 第一次 第2時

観察の手順を示した用紙(図 28)とワークシート(資料 5)と実験道具のセット(図 27)を配布して指導案②(資料 4)をもとに授業を行う。

本授業では、前時で実験を行ったミョウバンの結晶の変化を観察しながら発見したことや疑問に思ったことをワークシートに記入させていくようにしていきたい。児童が結晶を観察しやすくするために、図 27 のような実験道具をトレーに用意した。

【トレーに用意したもの】

割りばし×4、キッチンペーパー(2枚重ねたもの)×4、ふくもの育てる前の結晶1個を入れた袋×4、結晶の見本(1週間後)×2

水溶液に入れたままで観察しても結晶の透明度や形などがよくわからないので水溶液から結晶を取り出し手で触わりながらじっくりと結晶を見てもらうようにする。研究中の実験で結晶を取り出す際、取り出したい結晶だけを素早く、水気を少なくして取り出すことができたのは割りばしであったため、この授業でも児童に割りばしを使って結晶を取り出してもらうようにした。また、濡れた結晶の水分を吸収しやすく結晶にくっつきにくいことからキッチンペーパーの上に結晶を取り出すようにしている。



図 27 実験道具

結晶の変化を見つけるといってもただ単に実験で作った結晶を見ているだけではどのように変化しているのかが分かりにくく、児童がワークシートに記入することは難しいと考えた。そこで、結晶の大きさの変化がよくわかるように育てる前の結晶を比較対象として一人に一つずつ配布した。また、結晶の形にも違いがでていると考えられるので、形の違いを分かりやすくするため適度な大きさになっていて形も整っている結晶の見本(1週間後)も2人に1つ配った。

※見本は数が少ないため、2人で1つを見てもらうようにした。

図 28 は、観察の手順があった方が本時で観察することやどのような流れで観察をするのか見通しを持たせることができるのではないかと考えたため用意した。※授業開始直前に思いつき用意したため手書きになっている。

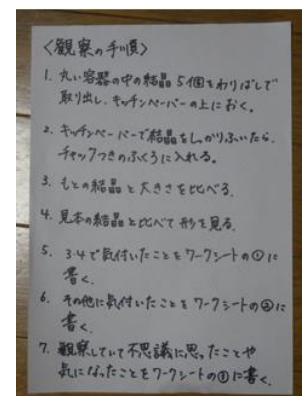


図 28 観察の手順

第5学年 理科学習指導案

学習指導者 嶋 肖奈

1 単元 もののとけ方

2 本時の学習指導 本時(2/15)

(1) 目標 結晶の観察をして、結晶のでき方について興味・関心を持てる。

(2) 学習指導課程

学習活動	児童の意識の流れ	教師の支援
<p>1 前時の振り返りをする。</p> <p>(1) 前時で行った授業内容を振り返る。</p> <p>(2) 結晶がどうなっているか予測する。</p>	<p>・塩や砂糖の結晶の写真をみたよ</p> <p>・ミョウバンの大きな結晶を触ってみたよ</p> <p>・大きなミョウバンの結晶作りをしたよ!</p> <hr/> <p>・結晶はどうなっているかな?</p> <p>・きれいで大きな結晶になっているかな?</p> <hr/> <p>・大きくなっていると思う!</p> <p>・少しだけ大きくなっているんじゃないかな?</p> <p>・形はそのまま大きくなっていると思う</p> <p>・もしかしたら少し変な形になっているかも</p>	<p>○本時の授業であることを意識させるために、前時の授業で行ったことを振り返らせる。</p> <p>○結晶の変化に目を向けられるようにするため、観察をする前に結晶の変化について予測させる。</p>
<p>2 本時の学習課題を確認する。</p>	<p>ミョウバンの結晶がどうなっているか観察しよう。</p>	
<p>3 結晶を取り出して観察をする。</p> <p>(1) 道具の準備</p> <p>(2) 観察の流れを確認する。</p> <p>(3) 観察し、ワークシートに記入する。</p> <p>(4) 発表</p>	<p>・1日ですごく大きくなっている</p> <p>・あまり変化していないような気がしていたけど比較すると大きくなっていたよ</p> <p>・思っていた変化と違う変化をしているよ</p> <p>・容器に小さい粒がたくさんできている</p> <p>・結晶が増えている</p> <hr/> <p>・どうして結晶が増えたのかな?</p> <p>・どうやって大きくなったんだろう?</p> <p>・どうして結晶は大きくなったのかな?</p>	<p>○安全に楽しく観察ができるようにするため、観察の前にやくそくすることを確認させる。</p> <p>○結晶の大きさの変化がわかるようにするために、実験前の結晶を配り自分たちで作った結晶と比較させる。</p> <p>○結晶の形が少し変わっていることに気が付かせるために、教員が作った少し大きめで正八面体になっている結晶を配り、比較させる。</p> <p>○結晶をよく観察してもらうために、記述式のワークシートを用意する。</p> <p>○自分の考えをもち、今後の学習に意欲を持たせるために、疑問に思うことを記述させる場所をワークシートに設ける。</p>
<p>4 まとめ</p>	<p>本当に自分たちの考えたことがあっているのか今後の授業で確認していこう!</p>	

資料 5 ワークシート②

11月 日()

5年 組 番()

めあて



観察してみよう!

① 1日置いていた結晶はどうなっていましたか？気が付いたことを書きましょう。



② その他に気が付いたことを書きましょう。



③ 観察をして、不思議に思ったことを書きましょう。

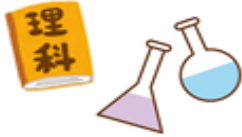


感想

(4) 授業後

「理科」の好き嫌いや好む実験に男女差があるのかについて調査するためにアンケート(資料6)を行った。

資料6 アンケート




「理科」に関するアンケート

5年 組 番(男・女)


これはテストではありません。みなさんが「理科」についてどのような考えを持っているのかを調べるために行っているアンケートです。ご協力をお願いします。

1. 1番好きな教科を100点満点とすると、理科は何点くらい好きですか。 点


2. 理科の実験は好きですか。




3. これまで行ってきた理科でやった実験の中で1番好きな実験は何ですか。

3-2. どうしてその実験が1番好きなのか理由を教えてください。 

4. 「ミョウバンの大きな結晶作り」の実験を授業で行いましたが、授業後も続けたいと思いましたが。



ご協力ありがとうございました。 

5. 調査結果

(1) 研究授業

2時間の授業で見受けられた児童の様子や実験後にできたミョウバンの結晶の様子について記載していく。

① 第一次第1時

まず始めに塩・砂糖・ミョウバンの結晶を拡大した写真を見せ、次に本物の大きなミョウバンの結晶を提示したところ「どうやって作るの?」「つくってみたい」という声が児童の口から出た。結晶作りの実験では説明をよく聞き、積極的に参加する姿が見られた。また、各グループを回り児童の様子を観察したところ、笑顔で楽しそうに実験を行っていた。このような児童の姿から児童は結晶に興味を持ち楽しく実験に参加できていると感じられた。



図 29 授業・実験中の様子

② 第一次第2時

授業開始前から結晶の様子が気になっているようだった。児童から「結晶どうなっているかな?」「大きくなっているといいな」という声が聞こえてきた。観察の仕方を説明した後、観察を始めるように声掛けをすると、すぐに蓋を開け結晶の様子を見ようとのぞき込んできた。「わー、大きくなってる!」「すごい!」「きれい!」など口々につぶやきながら結晶を容器の外に出し、水分をふき取ってから手に取って目の前に結晶を持っていったり机の上に置いて上からのぞいたりしながら真剣に結晶を観察していた。また、「結晶の大きさはどうなっている?」と声掛けをすると、比較用に用意していた結晶を横に並べながら結晶を観察し始め、「すごく大きくなってる!」と笑顔で答えていた。どの児童もプリントを書くように促すまで結晶をじっと見ていたり手で触ったりしていた。中には、近くの友達と結晶を見比べて「なんか大きさが違う」や「形が違う」というような意見が出ていた。また児童の様子をうかがいながら各グループを回っていると、「この結晶って持って帰れるんですか?」や「容器に残っている小さい結晶でもいいから持って帰りたい」と言ってくる児童が多数いた。この様子から、児童が結晶にとっても興味を示しており、自分で作った結晶を気に入っていると感じた。

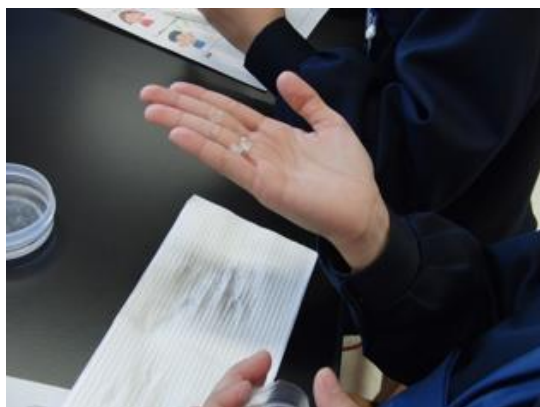

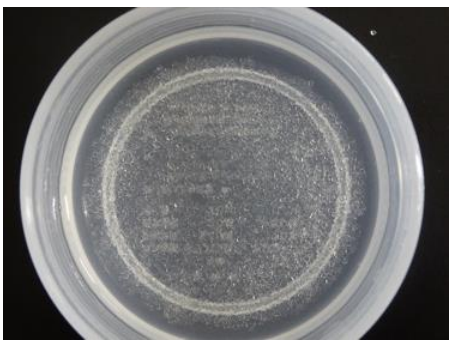
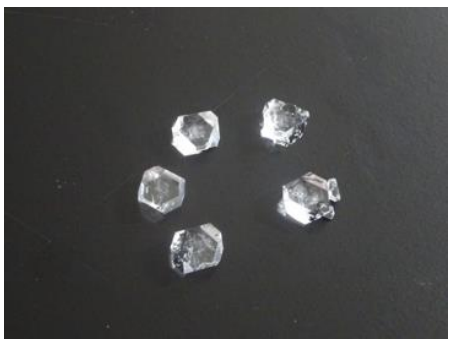
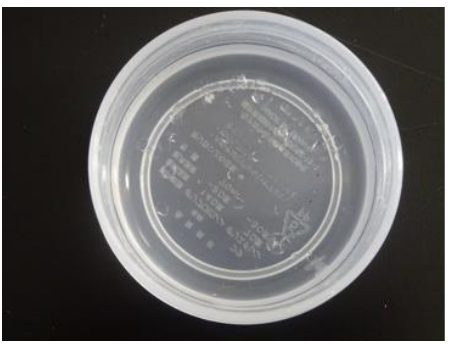

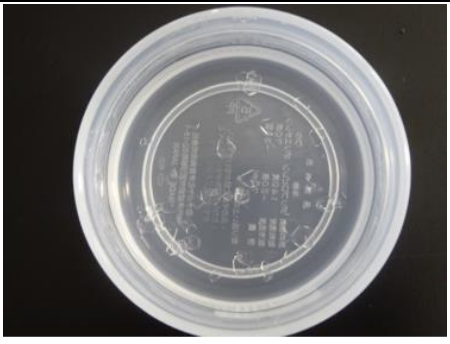


図 30 作成した結晶を観察している様子

③ 児童が作成した結晶

児童が作成した結晶を見比べてみると、結晶の大きさや形、容器内のできる小さな結晶など様々な違いが出ていた。結晶の特徴を見ていくと3つのパターンに分けられ、これらの違いを示すために1つの表にしてまとめた(表 11)。また同じ水溶液を使用し、同じ保冷バッグの中で育てたにも関わらずグループ内でも結晶に大きな違いがでていた。詳しいデータを通っていないため、違いが生じた要因は分からなかった。

表 11 3つのパターンに分けた結晶

<ul style="list-style-type: none"> ・小さいが、形は正八面体に近い。 ・容器の中に小さい粒がたくさんできている。 ・表面がガタガタである。(7人) 		
<ul style="list-style-type: none"> ・大きいが平たい。 ・透明度が高い ・角がしっかりしている。 ・容器内に少しだけ小さい粒がある。(18人) 		
<ul style="list-style-type: none"> ・形が崩れすぎて、修復が難しい。 ・少し大きめの粒が多くできている。 ・透明度は高い(3人) 		

(2) ワークシート

児童が授業(第一次第1時)で作成した自分の結晶を観察して感じたことや不思議に思ったことをワークシートに記入させた(第一次第2時)。

1名無記入の児童もいたが、どの児童も自分の言葉でたくさん記入してくれていたため、表12にすべての意見をまとめる。

表12 児童の解答

①	<ul style="list-style-type: none">・昨日、入れた物なのに、すごく大きくなっていて、すごくびっくりしました。1日だけなのに、約0.7cm(7mm)ぐらいで、液体に入れる前のミョウバンは約0.2cm(2mm)で、半分以上大きくなっていました。・私が思ったより、大きくなっていました。角が少し長方形の形になった。ミョウバンの中が白い色の物ができていた。・ぼくが、思っていたよりも大きくなっていました。・昨日入れていたものにくらべると大きくなっていました。私は1日でこんなに大きくなるとは、思っていませんでした。・大きくなっていて角ばっているところが多くなっていました。・少しでかくなっていて、ちいさいこおりみたいな形になっていた。カップの中をみたとき、小さいつぶつぶがあった。・さいしょよりちょっとおおきくなっていました。・きれいな形になっていませんでした。さいしょとくらべて、大きくなっていました。・かなり大きくなっていました。2つつながったものが出来ていました。・形や大きさが、昨日の結晶よりも、とても形は、ダイヤモンドみたいな感じで、大きさは、2倍ぐらいでかくなっています。3か月たったらたのしみです！！・形もとても大きくなっていて、前ははっきり見えなかったけど、今は、すごくはっきり見えています。なにかに食べられているみたいな形です。・形が少し変わって、何倍も大きくなりました。
---	--

	<ul style="list-style-type: none"> ・大きくなっていて形がダイヤモンドみたいな形をしていた。 ・大きくなった ・きれいに形がととのっていることに気づきました。 ・すごく大きくなっていて。かくばっていた ・角ばって、厚みがある。形が三角形になっている。 もとの形とちがう形になっていて、大きさが大きい。 ・五こあったのに何十個もあった。少し大きくなっていて。 光っていた。 ・あまり大きさが変わっていない。でも形はきれい。 ・でかくなって五個入れたのにたくさんできていた。 平べったくなった。 ・ダイヤモンドみたいな形だったけど平らになっていた。 ・大きくなっていて。平らな形になっていた。 外はどうめいだが、中はにごっていた。 ・4倍位の大きさになっていた形も変わって1cmぐらいになった ・大きくなっていて。 でもがたがただったミョウバンが増えていた。 ・小さいミョウバンとくらべると、倍大きくなっているし、 かたちもまわりががたがたになっている。 ・小さいミョウバンが次の日中ぐらいになったけっしょうのつぶ がふえていた。 ・でかくなって、ちょっと欠けていた。
②	<ul style="list-style-type: none"> ・入れた時5つだったのに、1日たったら、何こかに、小さいミョウバンがたくさんできていました。全部くずれたのかなあ？ ・ミョウバンを入れて、1日たつと、たくさんミョウバンがあった。 ・厚さがうすかった。 ・入れた時は5つ入れたのに、今日見ると、小さいのがたくさんできていました。くずれたのかなあ。 ・カップの中に小さいつぶつぶみたいで雪のけっしょうなどが少しはいていた。 ・1日で容器の中にミョウバンがたくさんできていた。

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1日に多くミョウバンが作られていた。ダンボールの中でどうやっていっぱいつくられているのかしらりたいです。 ・ 面の数が増えている気がした。少し形がぼこぼこになっていた。 ・ 二つつながっているのがあったけど、もっとすぐにはずれてしまいました。形がぺちゃんこになっている。 ・ 二つつながっているのがあったけど、もつと、すぐにはずれてしまいました。かけている。 ・ 2つつながったものができていた。 ・ ミョウバンのまわりに小さいつぶつぶがついていた。 ・ ミョウバンのまわりが少しザラザラだった。 ・ 結晶のまわりにつぶがついていることに気づきました。 ・ ミョウバンのまわりに小さいおゆにとかしたものが、くっついていました。中にあわのようなものがある。 ・ かけている部分がある。ひし形ではなくちがう形になっている。 ・ 大きい面と小さい面がある。 ・ 形がダイヤモンドのような形できれい。大きいのは角がかけている。(ガタガタ)大きくなるのがはやい。 ・ 大きいのも小さいいろいろな大きさのミョウバンがある。 ・ 5こしか入れていないのに5こ以上あった。 ・ 5こしか入れていないのに、たくさんの結晶ができた。 ・ 数がふえている 結晶の中がもっと白くなっていた ・ ミョウバンがふえたこと ミョウバンのまわりががたがたになったこと 中に白い物がある。 ・ けっしょうの小さいつぶが、カップの中にたくさんはんしょくしていた。 ・ まわりががたがたになっていた。まえよりおおきくなっていた。 ・ 小さいミョウバンがいっぱいできていた。
③	<ul style="list-style-type: none"> ・ 育っているところをとって、見てみたいです。どうやって大きくなっているのかなあ？ ・ なぜ、ミョウバンを入れたのは、5個なのに、1日たったら、たくさん小さいミョウバンもあったんだろう。

- ・ どうやって大きくなるのがふしぎだった
- ・ どうやって大きくなったのかが知りたいです。
- ・ どうやって大きくなっているのか。
- ・ 私は、あまり小さいつぶつぶがはいっていたけど、他の子のカップの中には、小さいつぶつぶがいっぱいいっぱいだから、不思議に思った。
- ・ 容器の中小さいミョウバンがあった。
- ・ どうやったら1日でこんなに多くのミョウバンがつかれるのかがふしぎです。
- ・ どうして水に入れていただけなのにこんなに速く大きくなるのかが不思議に思った。
- ・ 昨日、置いていた、ミョウバンは、1日たっただけで、2倍ぐらい大きくなっています。だから1日だけで、どんなふうに大きくなっているのかを不思議に思いました。
- ・ 小さいミョウバンは、きちんと、角があってどこがまがっているか分かりやすいけど、今はかけているのがふしぎ？
- ・ どうやって大きくなったのか。まわりの水で大きくなっているのならなぜ形がととのうのだろうか。
- ・ ミョウバンは、なんでダイヤモンドみたいな形をしているのか。
- ・ なんで一日で結晶が少し大きくなるのか？
なぜ形は、かわらず大きくなるのか？
- ・ ありません。
- ・ つぶがあったことです。1番不思議と思いました。
どうしてあるのかな？
- ・ なぜミョウバンが大きくなったのか
- ・ もとの形とちがう形になっていた。
カップに1日置いた結晶があった。
友達の結晶と大きさがちがった。
- ・ 私以外の人は形が、大きいのになんで私だけ小さいのだろうか。
- ・ みんなと大きさや形がちよっとちがうかった。
- ・ ミョウバンを5こしか入れていないのに30こぐらいになっていた。

	<ul style="list-style-type: none"> ・なぜ、ミョウバンが大きくなるのか。なぜ、最初に入れたミョウバンよりも、多くの結晶ができたのか。 ・5こしか入れてないのに20こぐらいになったこと ・なぜミョウバンがふえたか？中の白い物はなにか？ ミョウバンがなぜがたがたになったのか？ ・ミョウバンをとかした水でけっしょうを入れたけど、前は、5こだったけど、10こ以上も小さな結晶があった。 びっくりした。 ・ミョウバンをいれたとき5こ入れたのに10こいじょうになっていた。 ・なぜ、この水みたいなものでそだつのだろうと思った。
感想	<ul style="list-style-type: none"> ・私は、嶋先生がくれたミョウバンをもらった時は、ミョウバンとはしらず、「きれー□」と言っただけで、実験をしてから知って、良かったです。家でも作りたいけど、ムリそうです。 ・ミョウバンを使って1日たつと、たくさん小さいミョウバンがあつてびっくりしました。しかも小さいミョウバンがなにかきになります。 ・2時間このじゅぎょうをしてミョウバンが、1日でとても大きくなっていて、とてもびっくりしました。ミョウバンはふしぎな物だなと思いました。とてもきれいでした。 ・わたしは、この実験をして、始めてミョウバンが育つことを知りました。そして、わたしは、ミョウバンを家で育ててみたいなあと思いました。でも、本当に、作れるのかなあ？ ・結晶作りをして結晶はとけもきれいだなと思いました。 ・私は、ミョウバンの勉強をして私はミョウバンは一日で小指ぐらいの大きさになったことが私は育つの早いなあ～と思いました。3カ月ぐらいたつと、大きくなってこおりみたいにとうめいできれいなものになっていたのが楽しみです。 ・ミョウバンを作ってみてミョウバンは1日で大きくなって容器の中には小さなミョウバンがあった。まぜるのはつかれたけどあしたがたのしみでたのしかったです。

- ・ ミョウバンを作ってみて、あんまりきれいには、できなかったけどさいしょとくらべて、多くのミョウバンがつくられていておどろきました。ふしぎに思ったことは、どうやったら 1 日でこんなにおおくのミョウバンがつくられるのかがふしぎに思いました。たいけんができてよかったです。
- ・ 思っていたよりも速く大きくなったのでおどろきました。ミョウバンはこの実験で始めて知ったのでとても大きくなるのが楽しみです。
- ・ 昨日、置いていたミョウバンが 1 日でもう大きくなっているので、びっくりしました。だから 1 週間、2 週間、1 カ月、2 カ月、3 カ月になってミョウバンが大きく育つのが楽しみになってきました。実験をする時、不思議に思いながらどんどんしていきたいです。
- ・ 気付いたことがたくさんありました。ミョウバンは 3 カ月であんなに大きくなるんだったら 1 日でも大きくなるのかな？と思いながらたのしみにしていました。そしてミョウバンを見ると、予想どおりとても大きくなっていました。うれしかったです。3 カ月後が楽しみになりました。
- ・ 1 日だけでかなり大きくなりました。でも、まだかなりぎ間がのこっているので、しらべていきます。
- ・ ミョウバンをつくって、つくるのはむずかしいと思ったけどあんまりむずかしくありませんでした。1 日で小さいミョウバンが大きくなっていたのですごいと思いました。
- ・ ミョウバンがはじめよりサイズが大きくなっていて「すごい、これはおもしろい」と思いました。
- ・ 結晶がダイヤモンドみたいですごくきれいでした。だんだん大きくそだてたいと思いました。1 番大きくしたいです。
- ・ なぜミョウバンが大きくなったのかすごく気になりました。また、1 年間ぐらいそだてると、どうなるのか、気になります。
- ・ 嶋先生がつくったミョウバンの結晶とは、ちがう形になっていて不思議に思った。

- ・思ったよりミョウバンを大きくするのはかん単でした。最大で3カ月であれぐらい大きくしたいです。
- ・ミョウバンの結晶作りをしてみたいがいかんたんでした。きかいがあったらまた作ってみたいです。
- ・ミョウバンを作るのが楽しかった。思ったより1日で大きくなった。
- ・ぼくも家でミョウバンを大きくつくってみたいです。もっといろいろな形をつくりたいです。
- ・自分で、いろいろなかたちがつくれておもしろかった。家でもつくってみたい。
- ・2日たっただけなのに4倍位になっていて形がぼこぼこしていて数もふえたからびっくりしました。もっと大きくなってからものさしではかってみたいです。
- ・まさか、こんなに大きくなるとは思いませんでした。まえはきれいだったのにがたがたになったのでびっくりしました。
- ・つぶの中をよく見ると、もやもやのようなものが中にいたことがおどろきました。見本よりかは、少し角が欠けていたけど、きれいでした。とてもおどろきだったのは、前はつぶが5こだったのに10こ以上もあったことです。でも、大きくなってよかったです!!!
- ・きのうは小さかったのに中ぐらいになっていたのでびっくりしました。けどおおきくなってくれてうれしかったです。
- ・1日で、こんなにでかくなるなら、1カ月ぐらいで、けっこうでかくなると思う。

※児童がワークシートに書いていたとおりに記述してあるため、平仮名が多くなっている。

※児童の意見の中で一部書き間違いのあった言葉があり、そのまま記載すると内容が伝わりにくくなる可能性があるため訂正してある。

(3) アンケート調査

アンケートの記入内容を男女別に表にまとめた。

表 13 アンケート結果 (男女別)

5年 女子					
	理科はどれくらい好きか	実験は好きか	好きな実験(単元)	好きな理由	結晶作りを続けたいか
1	80	はい	ミョウバンの結晶作り	完成が楽しみだから	はい
2	80	はい	ものの体積と温度	温度による体積の変化が楽しいから	はい
3	90	はい	メダカの卵の観察	顕微鏡を使うと目では見えない小さいメダカの赤ちゃんが自分にも見えたから。	はい
			ミョウバンの結晶作り	きれいな結晶が作れていたから	
4	95	はい	ミョウバンの結晶作り	結晶がダイヤモンドみたいにきれいだったから	はい
				自分で作ることが好きだから	
				先生の結晶をみて作りたいと思ったら作れたから	
5	90	はい	空気でっぼう	空気が押し返したり、縮んだりして面白かったから	はい
6	90	はい	空気でっぼう	空気だと遠くまで飛んで、水だと飛ばなかったところ	はい
7	98	はい	ミョウバンの結晶作り	ミョウバンがどれだけおおきくなるのかわくわくするから	はい
8	85	はい	ミョウバンの結晶作り	ミョウバンが大きくなっていてワクワクドキドキして楽しかったから	はい
				ミョウバンがどれくらい大きくなるのか予測するのが楽しかったから	
9	90	はい	もののとけ方	とけるものがわかったから。	はい
10	90	はい	虫眼鏡で日光を集めて黒い紙を焦がす	焦げ方が面白かった	はい
				いいにおいがしたから	
11	19	はい	空気でっぼう	ストレス発散できるから	はい
				押すときに力があるが玉が出たらポンという音が気持ちいいから	
12	95	はい	顕微鏡で微生物を見る	小さいものを見れるのがいいなと思ったから	はい
				実験っぽくて良かった	
13	85	はい	マッチでアルコールランプに火をつける	マッチで火をつけたのがハラハラドキドキして楽しかったから	はい
14	60	はい	空気でっぼう	力の入れ具合や玉の数を変えただけで飛ぶ速さや距離が変わって面白いから	はい
15	90	はい	顕微鏡で微生物を見る	いろいろな見たこともない小さな生き物を見ることが楽しいから	はい
				いろいろなことが分かるから	
16	50	はい	風で走る車	しっかり動き、プロペラが早く回って進むスピードも速く、組み立てが簡単で楽しかったから	はい
17	50	はい	ミョウバンの結晶作り	作ることが好きだから	はい
18	99	はい	ミョウバンの結晶作り	結晶がダイヤモンドみたいで、作り方も楽しかったから	はい
19	75	はい	ミョウバンの結晶作り	少しずつ大きくなるのが面白いから	はい
				作るのが楽しいから	

5年 男子					
	理科はどれくらい好きか	実験は好きか	好きな実験(単元)	好きな理由	結晶作りを続けたいか
1	90	はい	メダカの観察	顕微鏡でメダカの卵をみたとき、目みたいなものがあったと見ると楽しかったから。	はい
2	90	はい	ミョウバンの結晶作り	形がきれいだったから	はい
3	50	はい	空気でっぼう	遠くにたくさん飛ぶのがうれしいから	はい
4	47	はい	空気でっぼう	楽しかったし、みんなと遊べたから	はい
5	90	はい	ミョウバンの結晶作り	自分で結晶を作るとどうなるのかわくわくしたから	はい
				結晶が大きくなってうれしかったから	
6	95	はい	ミョウバンの結晶作り	ミョウバンの結晶を作るのが楽しかったから	はい
7	70	はい	ミョウバンの結晶作り	どうやって大きくなるのか気になるから	はい
8	80	はい	ソーラーカー	普段使うことがないソーラーパネルを使って楽しかったから	はい
9					
10	94	はい	水を蒸発させる	泡がブクブクするのが面白かったから	はい

6. 考察

授業実践を行うにあたって、①児童が結晶に興味もち楽しく学ぶことができるか、②児童が実験の意味について考えられるか、③キットを使用して子どもたちが結晶作りを行えるかについて調査した。この3点が達成されたかどうかについて以下に記述していく。

まず①についてである。ワークシートとアンケートの結果から「結晶作りを続けたい」「不思議に思ったことを調べてみようと思う」「面白かった」という意見が出ている。また、授業時に机間指導を行ったところ児童は笑顔で積極的に実験や結晶の観察を行っていた。以上のことから①は達成できたと考える。

次に②についてである。②は今回の実践だけでは達成できていないと考える。実験と観察を行い、疑問に思ったことや気づきを書かせることはできたが、児童に実験の意味を考えさせることが出来ていない。今回の授業実践ではできなかったが、「もののとけ方」の単元の最後の授業でもう一度「ミョウバンの結晶作り」の実験を振り返り、実験過程の作業や第一次の授業で児童から出た疑問について、学んだことから解決できないか考えて話し合う時間の必要性を感じた。それにより児童が実験の意味について考え、深い学びにつながるのではないだろうか。

最後に③についてである。授業実践で時間内に実験を行い、児童全員が失敗をすることなく大きな結晶作りを行うことができたため、作成したキットを使えば実験は可能だと考える。しかし、思っていたより結晶が大きくなるのが速かったり、大きくなるスピードにかなりの差がでていたりした。今回はなかったがもしかしたら結晶が溶けてしまうこともあるかもしれない。このような結果になった原因を考え、もう少し改善が必要ではないかと考える。

(1) 研究授業

第一次第 1 時でミョウバンの大きな結晶作りの実験を行ったところ、少し早く実験が終わった。児童から見本で見せた大きな結晶に触りたいという発言があったため、残った時間を使って児童に見本の結晶を触らせることにした。どの児童も大きな結晶にとっても興味を示しており、積極的に結晶を見たり触ったりして感想を口々に言っていた。導入部分で大きな結晶の見本を見せ、触らせる時間も設けていれば、もっと結晶に対する興味が高まっていたのではないかと考える。今回は見本の大きな結晶が 1 つしかなかったため、1 グループずつ回って見本を見せるようにしたが、じっくりと見せて触らせることが出来なかった。児童に見本を触らせる時間を設けるなら見本の数も増やす必要があると感じた。

また、今回 2 時間の授業を行ったが、2 時間とも活動が速く終わってしまい、何もしていないグループがいくつかあった。第一次第 1 時では記述させる時間が全くなかったため、ワークシートの空きスペースに感想や実験の予想を書かせるようにしておくにより学習が深まったのではないかと考える。第一次第 2 時の授業ではワークシートに意見を書かせたが、発表したり話し合いをしたりする時間がなかった。児童がお互いの意見を知る時間があれば、新しい発見や考え方の幅が広がったのではないだろうか。以上のことから今後は授業でもっと児童の学びにつながるような活動が必要だと考える。

【今後改善したいこと】

- ・見本の結晶の数を増やし実際に触ったりじっくり見たりする時間を設ける。
- ・授業時間内に感想や考えを話し合う時間を設ける。

(2) ワークシート

児童が実験の意味や結晶の不思議について疑問を持てるようにするためにワークシート(資料5)を用意した。①と②で観察して気づいたことを書かせることで、不思議に思ったことや疑問について考えやすくなると考えたが、①と②の設問や記述欄の形がほとんど同じであったため困ってしまっている児童もいた。その結果、困っていた児童は②の欄に「ありません」と記入していた。気づいたことを①と②で分けて書かせるのではなく、1つの枠にして自由に書かせた方が困ってしまう児童もいなくなり、もしかしたらもっと様々な意見が出ていたのではないかと考えた。

3つ目の設問では、どの児童も疑問に思ったことを記述できていた。中には「水に入れただけなのにどうして結晶がおおきくなったのかな」というような実験過程の作業に対する疑問を表現している児童もいた。この疑問を児童全員に共有して考えさせる時間を設けていれば、各児童がそれぞれの推測をたて、その後の学習で行う実験を通して自分たちで発見していくことができたのではないかと考える。また、結晶のでき方について疑問を持っている児童が多くみられた。この疑問を単元の最後の振り返りの時間で触れていくことで学習したことと実験の意味を結びつけられるようになり学びにつながっていくと考えている。

【今後改善していきたいこと】

- ・ワークシートの設問を変更し、気づいたこと、疑問に思ったこと、予想、感想について書かせるようにする。
- ・児童の疑問を一つの模造紙にまとめ、単元の振り返りで活用していく。

(3) アンケート

アンケートの結果から理科や実験の好き嫌いなどに男女差があるのかについて調べた。

理科がどれくらい好きであるかを児童に点数にしてもらい、グラフにすると下図のような結果になった。91～100点と答えた児童の割合を見ると女子の方が男子より2倍大きくなっているが、81～90点と答えた割合も合わせてみる(80～100点の割合を見る)と、女子66%、男子56%になっており、だいたい同じくらいの割合になっている。また女子は男子よりも点数にばらつきがあり、児童によって好き嫌いの差が出ていると考えられる。今回は点数しか調査していないが、この点数をつけた理由を調査していれば、さらに男女で違いがあったかもしれない。今後調査する機会があれば、好き嫌いの理由も調べてみたい。

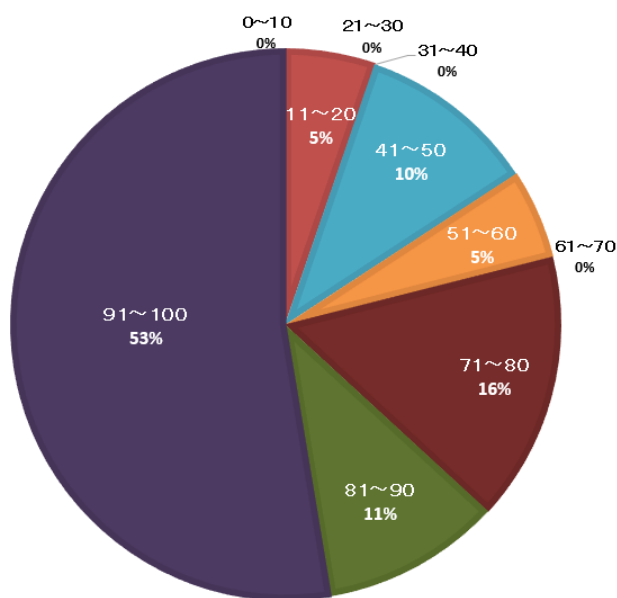


図 31 理科はどれくらい好きか
(5年女子)

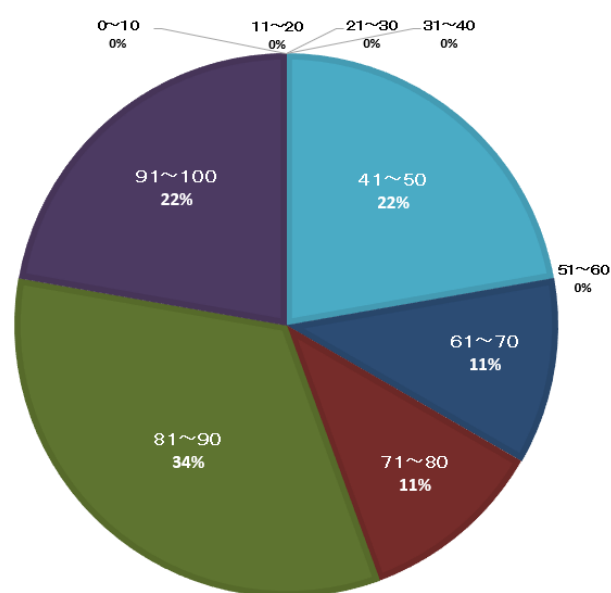


図 32 理科はどれくらい好きか
(5年男子)

実験の好き嫌いについて調べたところ全員が「好き」と解答したため男女差は見られなかった。前述の調査で理科が「あまり好きではない」と回答していた児童も実験は好きと答えていたことから、理科を嫌いになった理由は実験以外にあると考えられる。

また一番好きな(印象に残っている)実験について調べたところ、男女とも「ミョウバンの結晶作り」と答えた児童が多かった。どちらも似たような理由だったが、少し男女差があるのではないかと考える。例えば、男女ともに「きれいだったから」という理由があったが、女子は「ダイヤモンドみたい」と宝石に例えていて、男子は「形がきれい」と答えていた。次に多かったのは空気でっぼうだった。この理由もほとんど同じだったが、少し意味合いが違っているように感じた。以上のことから、大きな差は見られないが、ちょっとした差はあるのではないかと考える。しかし、今回の好きな実験に関するアンケートの結果は授業実践の影響が大きく出ていると考えられる。このアンケートを行ったのが授業実践の2週間後だったため、児童の印象に残りやすかったのではないだろうか。またこれまでの学習でどのような実験があったのかを提示していなかったため短時間では思い起こすことが出来ず、一番新しい記憶となるミョウバンの結晶づくりと答えた可能性がある。実験名の一覧を提示してもう一度調査をし直すと結果が変わってくるかもしれない。

今回のアンケート調査では、男女を比較してもあまり大きな違いは見つけられなかった。しかし、少しだけではあるが男女差を感じる部分もあったことから、もっと細かく調査を進めていくと明確な男女の違いを見つけられる可能性があるのではないかと考える。

第6章 おわりに

2年間の研究を通して、深い学びにつながる授業とはどんなものかということについて考えてきた。理科における深い学びとは、児童が実験の意味を考えて学習したと結び付けられるようになることではないかと考え、実際に教材開発や授業実践を行ってきた。教材開発では全ての児童が楽しみながら実験が行えるよう試行錯誤してキットを作成した。予想と違う結果になったり同じ実験を行っても異なった結果になったりして大変だったが、周りの人に話して相談に乗ってもらいながら何とかキットが完成したことから、教材開発は一人でするものではなく大勢の人と協力し何度も試行実験を行うことで完成するものであると実感した。

今後教員として働く中で今回のように教材開発を行うような機会があったなら、一人で抱え込まず他の先生方に協力をお願いしていこうと考える。また、授業実践を行ったところ自分にはまだ全体を見通す力が不足していると改めて実感した。第一次第1時の授業で実験を行う際、なんとか流れを考えたがしっくりこず悩んでいた。そこで授業をさせていただいた学級担任の先生に相談したところ、納得のいく流れを考えることができ、本番では時間内に実験を終える経験をすることもできた。もっと視野を広く持ち、先を見通して考えていくことで、児童の学びにつながる授業が行えるということが理解できた。

教員として児童の学びを支えていく者として、常に「その活動でどのようなことを学ばせたいのか」について考えていくことが大切であるとこの研究を通して学ぶことができた。この研究で学べたことを忘れずに今後の教員生活に生かしていきたい。

【引用・参考文献】

- 1) 森田和良, 2005, 『教育技術 MOOK 新しい発展学習の展開 ―理科 小学校5～6年―』, 小学館, 東京
- 2) Roger Osborne & Peter Freyberg, 1988, 『子ども達はいかに科学理論を構成するか―理科の学習論―』, 東洋館出版社, 東京
- 3) 株式会社リベルタス・コンサルティング, 『全国学力・学習状況調査の結果を用いた理科に対する意欲・関心等が小中学校段階で低下する要因に関する調査研究このような調査結果』,
www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro.../08/.../1361058_02.pdf, 2017/1/6閲覧
- 4) 稲田結美, 2009, 『ドイツでの女子の物理学習を促進する実践的研究の特徴』, 物理教育, vol.57, no.2, pp.79-84
- 5) 川村康文・山下芳樹・秋吉博之・萩原彰, 2010, 『実験で実践する魅力ある理科教育―小中学校編―』, 株式会社オーム社, 東京
- 6) 川村康文・多田恭子, 2006, 『教員養成系学部大学生にみる小・中学校理科学習の実態と問題点』, 物理教育, vol.54, no.2, pp.116-120
- 7) 木村妙子・武藤美佐子, 2013, 『はじめての結晶づくり』, NPO法人 楽知ん研究所, 名古屋市