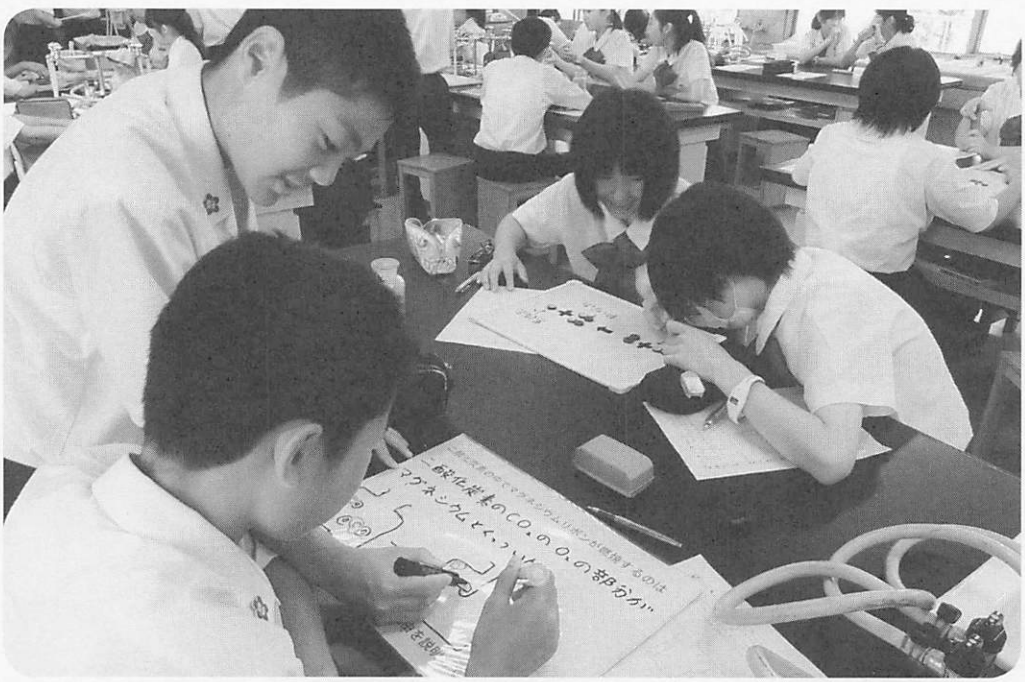
理科

教科領域研究テーマ

【すべての生徒が主体的に学ぶ理科学習の展開
～仲間との学び合いを通して～】



理　科

すべての生徒が主体的に学ぶ理科学習の展開

～仲間との学び合いを通して～

実　践　者　岡本　慎次，辻井　　修，森山由香里
愛媛大学研究パートナー　日詰　雅博，中村　依子，熊谷　隆至
大橋　淳史，隅田　　学，向　　平和

第１章　はじめに

１　研究テーマの設定理由について

昨年度の研究（３か年研究の１年次）では，「すべての生徒が主体的に学ぶ理科学習の展開―仲間との関わり合いを通して―」というテーマのもと，探究的な学習活動を行ってきた。今年度は３か年研究の２年次にあたるため，継続性を重視し同じテーマで研究を行っている。副題の「仲間との学び合いを通して」では，すべての生徒に，より主体的な学習活動を展開させるために，昨年次までの「関わり合い」より有機的につながる必要がある「学び合い」という言葉を用いた。「関わり合い」を「学び合い」にしていくためには，これまで同様，生徒にとって身近な学習課題の精選，及び教材研究を行っていくのはもちろんのこと，個の学びを生かして思考を深めたり，先を見通した発問や工夫した授業展開をしたりすることが重要である。これらの課題は本校の「望ましい子ども像」とも合致しており，その解決のために，本年次も昨年次に引き続きすべての生徒が主体的に学ぶことができる理科授業を展開したいと考え，本テーマで研究を続けることにした。

２　研究内容と方法

(1)　生徒の実態

単元の実践前にアンケートを実施し，生徒の実態を把握し実践後との比較を行う。

(2)　目標及び評価規準の設定

すべての生徒が主体的に学ぶ理科学習に関して，目標及び評価規準を設定する。

(3)　授業実践上の工夫

ア　探究意欲を継続させる学習課題の設定

生徒が「やってみたい」「知りたい」と知的好奇心を喚起・継続する焦点化，具現化した身近な学習課題を設定する。学習課題を設定する際にも指導の工夫を加える。

イ　主体的な学びを引き出すための指導の工夫

関わり合いから学び合いへの転換を通して，全ての生徒が主体的に参加できる学習活動を展開する。

ウ　習得した知識や技能を活用し，科学的な思考力を養う学習活動の展開

観察，実験の結果を分析し，解釈し，判断する学習活動を展開させる。

エ　教材・教具の開発

全ての生徒が主体的に理科学習に参加できるよう，教材・教具を工夫する。

オ　生徒の思考の変容や成長を実感させるような評価

生徒の思考の変容や成長を実感させるような評価について研究する。

(4)　授業等の実践

大学研究パートナーに，「授業構想→指導案作成→授業観察→研究の成果のまとめ」等，あらゆる場面での協力を依頼し，授業の進め方や実験方法等，工夫しながら授業を実践する。

(5)　評価

研究全体として，上記(3)にあげるア～オの評価を，授業観察者からの意見や生徒に対するアンケート等から読み取り，次時，次単元での指導に工夫を加えていく。

第２章　研究の実際

研究（その１）

植物の世界「植物のからだのつくり」の実践より

（実践者）岡本　慎次

１　本単元の概要

(1)　単元目標

自然事象への 関心・意欲・態度	身近な植物に関心をもち，意欲的に探究するとともに，生命を尊重し，自然環境を保全しようとする。
科学的な思考・表現	身近な植物のなかに問題を見出し，解決法を考えて観察，実験を行い，事象の生じる要因やしくみを分析的に考察し，問題を解決できる。
観察・実験の技能	身近な植物についての観察，実験を行い，基本操作を習得するとともに，規則性を見いだしたり自ら考えを導き出したりすることができる。
自然事象についての 知識・理解	身近な植物のつくりやはたらきなどを理解し，知識を身に付ける。

(2)　単元設定の理由

本単元は，身近な植物などについての観察，実験を通して，生物の調べ方の基礎を身に付けさせるとともに，植物のからだのつくりとはたらきを理解させ，植物の生活と種類についての認識を深めることを，主なねらいとしている。

本単元は，身近な植物を使用し，探究する意欲を高めることができる観察，習得した事項を活用して考察，思考・表現する観察が多く，前年次までの課題を克服するために適した単元だと考えられる。

そのまとめとしての位置付けになる，発展的な学習「大根の根，茎，葉はどこにあるのだろうか」は，既習した事項を活用でき，かつ探究する意欲を高めることができる。そのため，この発展的な学習を単元末に実施し，単元全体を通して育成した力を見取りたい。

(3)　指導と評価の工夫について

本単元の指導にあたっては，まず観察，実験に使用する器具の操作や観察，実験の仕方などの技能の習得に重点をおいて指導したい。器具の操作や技能が不十分であるために正しい観察，実験の結果が得られず，共通点や規則性を見出せないことや，技能不足から科学的な思考が深まらずに終わってしまうことのないよう，器具の操作の指導は十分に時間をかけ，操作一つ一つの意味を理解させるように努めたい。また，学習した内容が日常生活で生かせる知識，活用できる技能となるように，身近な植物を教材として用いながら，日常生活と関連付けていくことを大切にしていきたい。

発問や指示はできるだけ分かりやすい言葉で短く示す。思考が必要な場面では，生徒の実態に合わせヒントを与えるなど，思考が途切れてしまうことのないように配慮していたい。

本時は，既習事項を活用しながら，推察していけるようにすることが主なねらいとなっている。大根のように特殊化した例を用いることにより，既習事項を想起しながら考察しなければならないような場面を設定していきたい。そして，論理的に考察を進めていけるような資料の提示やワークシートの工夫も行っていきたい。評価については，グループ内での話合いの場面や発表から見取ったり，ワークシートの記述から読み取ったりする。

(4) 指導計画（全25時間）

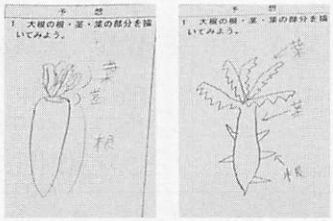
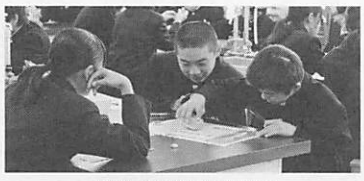
学習内容・題材	◇ 評　価　規　準　（観　点）	時間
身近な生物を観察しよう	○校庭や学校周辺の生物に関する事物・現象に進んで関わり，それらを科学的に探究しようとする。（関心・意欲・態度） ○校庭や学校周辺の生物に関する事物・現象の中に課題を見出し，目的意識をもって観察，実験などを行う。（思考・表現） ○観察，実験の基本操作を習得する。（技能） ○いろいろな生物が，様々な場所で生活していること，光や水の量によって生育する植物の種類や生育状況に相違があることなどについて，基本的な概念を理解し，知識を身に付けている。（知識・理解）	4
花のつくりとはたらき	○花のつくりとはたらきに関する事物・現象に進んで関わり，それらを科学的に探究しようとする。（関心・意欲・態度） ○花のつくりの基本的な特徴や花のはたらきなどについて自らの考えを導き，表現している。（思考・表現） ○観察，実験の計画的な実施，結果の記録や整理の仕方を身に付けている。（技能） ○花のつくりの基本的な特徴や花のはたらきなどについて基本的な概念や規則性を理解し，知識を身に付けている。（知識・理解）	3
葉，茎，根のつくりとはたらき	○根，茎，葉のつくりとはたらきに関する事物・現象に進んで関わり，それらを科学的に探究しようとする。（関心・意欲・態度） ○根，茎，葉のつくりの基本的な特徴や蒸散などについて自らの考えを導き，表現している。（思考・表現） ○観察，実験の計画的な実施，結果の記録や整理の仕方を身に付けている。（技能） ○根，茎，葉のつくりの基本的な特徴や蒸散などについて，基本的な概念や規則性を理解し，知識を身に付けている。（知識・理解）	9
発展学習	○事物・現象に進んで関わり，それらを科学的に探究するとともに，生命を尊重し，自然環境の保全に寄与しようとする。（関心･意欲･態度） ○目的意識をもって観察，実験などを行い，事象や結果を分析して解釈し，自らの考えを表現している。（思考・表現） ○観察，実験の基本操作を習得するとともに，観察，実験の計画的な実施，結果の記録や整理など，事象を科学的に探究する技能の基礎を身に付けている。（技能） ○植物のからだのつくりとはたらきに関する事物・現象についての基本的な概念や多様性・規則性を理解し，知識を身に付けている。（知識・理解）	2
植物の分類	○種子植物の仲間，種子をつくらない植物の仲間に関する事物・現象に進んで関わり，自然環境の保全に寄与しようとする。（関心・意欲・態度） ○植物はからだのつくりの特徴に基づいて分類することができること，種子植物と種子をつくらない植物との違いなどについて，自らの考えを導き，表現している。（思考・表現） ○観察，実験の計画的な実施，結果の記録や整理，資料の活用などの仕方を身に付けている。（技能） ○物はからだのつくりの特徴に基づいて分類することができること，種子植物と種子をつくらない植物との違いなどについて，基本的な概念や規則性を理解し，知識を身に付けている。（知識・理解）	7

2　研究の実際（17 ／ 25）

(1)　ねらい

今まで学習した植物のからだのつくりなどの知識をもとに，大根のつくりについても，自分なりの根拠をもって推察することができる。

(2)　展　開

学習活動（形態）	時間	○学習内容　　• 予想される生徒の反応	○指導の工夫　◇評価【観点】（方法）
1　課題を把握する。 （一斉） ↓ （個人） ↓ （班）	5 15	○色々な野菜の写真を見て，食べている部分が，植物の「根，茎，葉，花（果実）」のどの部分にあたるのかを考えた。  導入の様子 大根の根，茎，葉はどこにあるのか。 ○大根を見て，食べている部分が「根，茎，葉，花（果実）」のどの部分にあたるのかを考えた。 • 大根の様子を，記憶を頼りに描いてみる。 •「根，茎，葉」がどこにあるかを考え，自分の描いた絵に書き込んでみる。 ○班の人が，大根の根，茎，葉をどのように考えたかを，図を見ながら確認し，色々な見方や考え方を共有した。 • 下に生えているのが根で，太い部分はすべて茎である。 • 土に埋まっている部分が根で，土から出ている部分が茎である。 • 上に出てくる緑色の部分が葉である。	○身近な野菜も植物であること，植物であれば「根，茎，葉，花」の区別があることを確認し，本時の意欲付けを行った。 ○正確な図や正答を求めるのではなく，興味・関心を高めていくことを重視した。 ○様子が描けない生徒には，日常の料理の経験を思い出させた。  生徒の大根スケッチ ○色々な見方や考え方があり，判別が難しいことを実感させ，生徒たちに判別するための根拠を考える必要性をもたせた。 ○特徴を言葉で表すことにより，意識化させた。（A）
2　観察する。 （個人） ↓ （班）	20	○実物を見ながら，もう一度班で検討した。 • 大根の横や下に伸びるひげ状の部分が根である。 • 根は，土の養分や水分を吸収するため，土の中に埋まっている部分である。 • 葉は，根から直接出ていないので，葉のついている部分が，茎である。 • 緑色で葉脈らしきものがあるので，葉である。 • 葉には，表裏があるので，大根の上の部分がすべて葉である。  大根の実物観察の様子	○これから推察させていく上で重要なポイントとなるので，生徒からなかなか出てこない項目については，ヒントを与えながら引き出していく。（B） ○各班，大根１本とコミュニケーションボードを用意することで，仲間との関わり合いを強めた。（C）  各班での活動の様子
3　まとめをする。 （一斉） ↓ （個人）	7	○推測したことが正しいかどうかを，写真資料を使って確認した。 ○植物には一見「根，茎，葉」の区別がつけにくいものもあるが，形状の特徴などから推測することが可能であること，そして花が咲くすべての植物には必ず「根，茎，葉」の区別があることを確認した。	◇今まで学習した植物のからだのつくりなどの知識をもとに，大根のつくりについても，自分なりの根拠をもって推察することができたか。【科学的思考】（ワークシート，発表） ○ポイントとなる部分を確認しながら写真を見せた。（D）  ポイントとなる部分写真
4　次時の見通しをもつ。 （一斉）	3	○ハクサイ，サツマイモ，ジャガイモなどの写真を見て，それぞれ「根，茎，葉」のどの部分かを考え，次時の課題とした。	○今日身に付けた知識を生かす場を設定した。

3　考察

授業研究の視点にそって考察する。研究の視点は以下の通りである。

○指導の工夫（A）～（D）は，すべての生徒が仲間と関わり合いながら，主体的に学ぶ活動を引き出すことができていたか。
○学習内容や学習の展開は，探究する意欲を高めるのに有効であったか。

(1) 指導の工夫（A）～（D）は，すべての生徒が仲間と関わり合いながら，主体的に学ぶ活動を引き出すことができていたか，については授業観察者の意見から

○AからDともに，仲間と関わり合いながら主体的に学習できていたと思う。
○Aについては，十分できた生徒もいればできていない生徒もいた。予想をコミュニケーションボード等に書き，全体の場で意見を述べ合うことで課題意識が深まるのではないか。
○Bは，出す前から生徒はよく理解していた。もし提示するなら「葉の形」の図等がよかったように思う。生徒は大根の葉のどこからどこまでが一枚なのかについて難しく思っていたように思う。
○CやDについては，教師が提示するより，他の班の学びが全体に生かされると思った。
○Dのところで「そうか」と思うことができた。しかし，それまでは，何となく触ってみたり切ってみたりしていた生徒が多かったように思う。

生徒の様子からは，大根の色に注目したり側根の出ているしわに注目したり，仲間と関わり合いながら積極的に観察していた。しかし，茎と葉の違いや葉の特徴は，既習事項の確認ができにくく何らかの手立てが必要だと感じた。

(2) 学習内容や学習の展開は，探究する意欲を高めるのに有効であったか，については授業観察者の意見から

○実物（しかも土つき）を見せたことで，生徒の学習意欲は喚起させられていた。
○生徒が観察しやすい大きな大根を教材としたことで，生徒の意欲は高まっていた。
○すべての生徒が課題を意識して，学習を進められる工夫がたくさんあった。
○導入のパワーポイントの活用，身近な食材である野菜の教材化，これまで習得したことを活用できるような学習展開であった。
○生活に結びついた形で学習が進むことで興味もわくし，本当に大事な力が身に付くと思った。
○側根がどこから出ているのか注目させる活動は必ず必要であったと思う。

大根の育つ様子の映像や視聴覚機器を使ったり，土のついた大根を用意したりしたため，生徒が主体的に授業に取り組む姿が見られた。しかし，ワークシートの記述から，課題に対する深まりの浅い生徒がいた。そのため，すべての生徒がわかる授業展開になったとは言えない。もっと生徒一人一人に手立てや支援を行う必要がある。

4　今後の研究の方向性

○すべての生徒が主体的に学ぶためには，やはり生徒にとって身近な自然の事象を扱う教材教具の工夫が大切である。また，実物を見ながら五感を使って観察できたことで，生徒の意欲の高まり，主体的な活動につながった。
○生徒への手立てと支援の在り方が不十分だと，すべての生徒が探求する意欲を高めるまでには，至らないことが分かった。集団の学び合いの中で，個の学びが活かされる授業展開や手立て，支援の在り方を追究する必要がある。

研究（その2）

「化学変化と原子・分子（還元）」の実践より

（実践者）辻井　　修

1　本単元の概要

(1)　単元目標

自然事象への興味・関心・意欲	化学変化に関する事物･現象に関心をもち，意欲的に観察，実験を行おうとする。また，これらの事物・現象を日常生活と関連づけて考えようとする。
科学的な思考・表現	化学変化に関する事物・現象の中に問題を見いだし，目的意識をもって観察，実験などを行い，事象や結果を分析して解釈し，自らの考えを表現できる。
実験，観察の技能	化学変化に関する事物・現象についての観察，実験の基本操作を習得するとともに，観察，実験の計画的な実施，結果の記録や整理など，事象を科学的に探究する技能の基礎を身に付ける。
自然事象についての知識・理解	化学変化に関する事物・現象，および原子や分子に関する基本的な概念や原理を理解する。

(2)　単元設定の理由

本単元「化学変化と原子・分子」は，化学変化についての観察，実験を通して，化合，分解などにおける物質の変化やその量的な関係について理解させるとともに，これらの事物・現象を原子や分子のモデルと関連付けてみる見方や考え方を養うことをねらいとしている。また，観察，実験の結果から，粒子モデルを用いて微視的なものの見方や考え方を養い，科学的な思考力や判断力，表現力を育むことができる大変重要な単元である。本時で扱う化学変化を利用して金属資源を取り出す技術である還元は，実験の結果と今までに身に付けてきた微視的なものの見方や考え方をもとに，なぜそのような現象が起きるのかを科学的に考察するのに適した題材だと言える。

(3)　指導と評価の工夫について

思考の連続性・系統性を重視して，まず分解から学習を始め，原子・分子の粒子モデルを用いた物質の微視的な見方・考え方を育んでいく。その後，原子・分子が化合して，化合物・酸化物ができることを，観察，実験の結果から理解させ，酸化と還元，化学変化と熱，化学変化と質量の保存，質量変化の規則性を学習していく。その時，原子・分子の粒子モデルを用いて結論づけていく微視的なものの見方や考え方である科学的な思考力を育成していきたい。

特に酸化と還元では，酸化銅の炭素やエタノール等による還元の実験を行い，知識・技能を習得させる。その後，探究的な学習「二酸化炭素の中でマグネシウムリボンが燃焼するのはなぜか」を行わせる中で，実験結果から分析，解釈し，結論づけさせる学習活動を行う。特に本時では，今までに身に付けた微視的なものの見方・考え方を想起させながら，考察で「きょうどう」の精神を意識した話合い活動を行わせるために，理由のある予想を考えさせ，その理由が正しいのかどうかを意識させながら実験を行わせる。そして，マグネットで作った原子・分子のモデル（以後「原子・分子のマグネット粒子モデル」と記述）を使って考察させ，その考察の場面で思考したことをコミュニケーションボードに記入させ評価していきたい。

(4)　指導計画（全28時間）

小　単　元	評　　価　　規　　準　（観　点）	時間
ア　物質の成り立ち (ア)　物質の分解 (イ)　原子・分子	○物質の分解，原子・分子に関する事物・現象に進んで関わり，それらを科学的に探究しようとする。（自然事象への興味・関心・意欲） ○物質の分解，原子・分子に関する事物・現象の中に問題を見いだし，目的意識をもって観察，実験などを行い，自らの考えを導いたりまとめたりして，表現している。（科学的な思考・表現）	8

	○物質の分解，原子・分子に関する事物・現象について観察，実験の基本操作や結果の整理の仕方などを身に付けている。(実験，観察の技能) ○物質の分解，原子・分子などについて基本的な概念を理解し，知識を身に付けている。(自然事象についての知識・理解)	
イ　化学変化 (ア)　化合 (イ)　酸化と還元 (ウ)　化学変化と熱	○化合，酸化と還元，化学変化と熱に関する事物・現象に進んで関わり，それらを科学的に探究しようとする。(自然事象への興味・関心・意欲) ○化合，酸化と還元，化学変化と熱に関する事物・現象の中に問題を見いだし，自らの考えを導いたりまとめたりして，表現している。(科学的な思考・表現) ○化合，酸化と還元，化学変化と熱に関する観察，実験の操作や結果の整理の仕方などを身に付けている。(実験，観察の技能) ○化合や酸化・還元などの化学変化は原子・分子のモデルで説明できること，化学変化には熱の出入りが伴うことなどについて基本的な概念を理解し，知識を身に付けている。(自然事象についての知識・理解)	12
ウ　化学変化と物質の質量 (ア)　化学変化と質量の保存 (イ)　質量変化の規則性	○化学変化と質量の保存，質量変化の規則性に関する事物・現象に進んで関わりそれらを科学的に探究しようとする。(自然事象への興味・関心・意欲) ○化学変化と質量の保存，質量変化の規則性に関する事物・現象の中に問題を見いだし，自らの考えを導いたりまとめたりして，表現している。(科学的な思考・表現) ○化学変化と質量の保存，質量変化の規則性に関する観察，実験の基本操作や結果の整理の仕方などを身に付けている。(実験，観察の技能) ○反応の前後で物質の質量の総和が等しいこと，反応する物質の質量の間には一定の関係があることなどについて，基本的な概念や原理・法則を理解し，知識を身に付けている。(自然事象についての知識・理解)	8

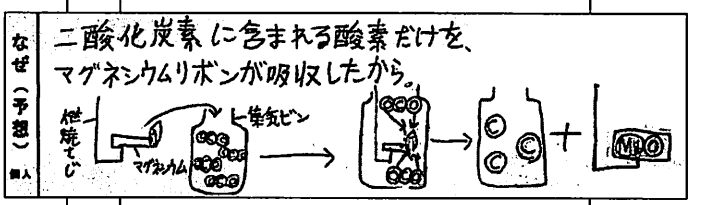
2　研究の実際（19／28時間）

(1)　ねらい

仲間との学び合いの中で探究する学習活動を行い，思考する力，判断する力，表現する力を養う。

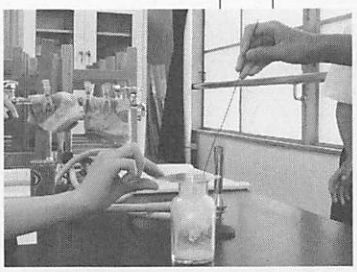
(2)　展　開

学習活動（形態）	時間	○学習内容　　・生徒の反応	○指導の工夫　◇評価（方法）
1　課題を設定する。　（一斉）	3	○既習内容を確認した。 ○二酸化炭素の中でマグネシウムリボンが燃焼する様子を演示実験した。 ・酸素がないのに燃焼するのはなぜ？ 二酸化炭素の中でマグネシウムリボンが燃焼するのはなぜか。	○二酸化炭素の中でマグネシウムリボンが燃焼する様子を見せることにより目的意識をもたせるとともに，課題を明確にさせた。
2　理由を予想する。 （個人→小集団）	4	○なぜ燃焼するのか理由を予想してみよう。 ・二酸化炭素の中の酸素を使って燃焼するのかな？	○考察での話合いをより深めさせるために，理由のある予想を立てさせた。 ◇理由付きの予想を立てることができたか。(机間巡視)

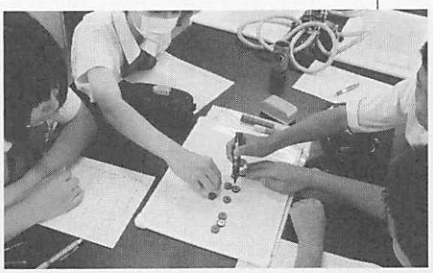


生徒が書いた理由付きの予想

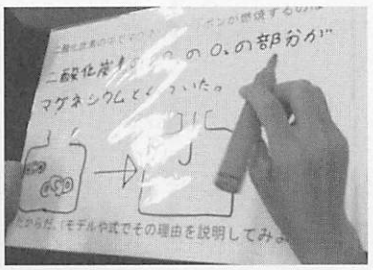
3　実験する。 （小集団）	6	○実際に実験してみよう。 ・用意してある実験器具を見ながら，実験方法を確認しよう。 （二酸化炭素入り集気瓶・マグネシウムリボン・燃焼さじ・マッチ・灰皿・ガスバーナー） ○確認した方法で，実験を行った。	○予想の理由の確証をつかみたいという気持ちをもたせて実験させた。 ○主体的に実験に取り組ませるために実験道具のみを与え，方法は小集団で考え確認させて実験を行った。



実験の様子

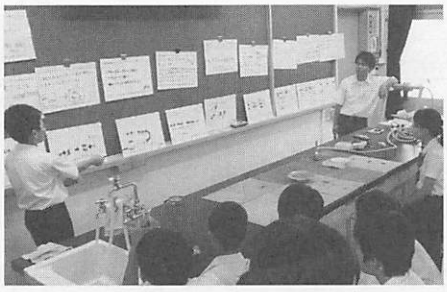


考察の様子



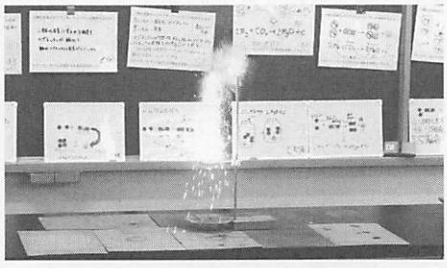
コミュニケーションボードへの記入

4　なぜ燃焼するのか考察する。 （小集団）	10	○なぜ燃焼するのか理由を考えよう。 ○集気瓶の中をよく見てみよう。 ・集気瓶のかべに黒いものがくっついているな。炭素かな。	○「原子・分子のマグネット粒子モデル」を用い考察させた。
5　コミュニケーションボードへ記入し発表する。 （小集団）	15	○考察した内容をコミュニケーションボードへ記入し発表した。	○実験結果は予想していた理由と合っていたか考えながら考察するよう指示した。
6　考察結果を基に結論づける。 （全体）	5	二酸化炭素の中でマグネシウムリボンが燃焼するのは，二酸化炭素が還元され炭素になり，マグネシウムはその酸素を使って燃焼するからである。	○予想→実験→考察の過程で思考，判断した考えをコミュニケーションボードに書かせた。その際に結果，結果から思考，判断したこと，結論を区別し，思考の段階を明確にさせるためになぜそのように考えたのか理由を書かせた。 ◇予想→実験→考察の過程で思考，判断したことを理由とともに表現することができたか。（ワークシート，コミュニケーションボード等の記述分析）



発表の様子

7　還元の別の例を挙げ，まとめとする。（全体）	7	○酸化鉄のアルミニウム粉末による還元（テルミット反応）を見せた。	○何が酸化されて，何が還元されているのか意識させながら実験を見させた。



実験の様子

・テルミット反応が起きる理由が分かるぞ。

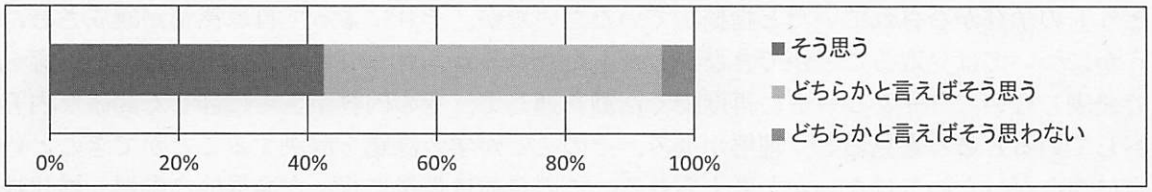
3　考察

本年度の研究の視点と，第１章の２(3)授業実践上の工夫のア～ウを関連させて考察する。

(1)　研究の視点　愛情ある生徒理解と教師の指導観の転換

・「育てる」から「育つ」への教師の指導観の転換

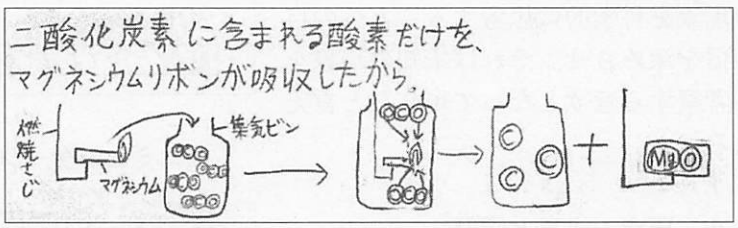
「生徒に内在する力をいかに引き出し伸長させるか」ということを重視した取組としては，「ア　探究意欲を継続させる学習課題の設定」と「イ　主体的な学びを引き出すための指導の工夫」で実践した。「ア　探究意欲を継続させる学習課題の設定」では，探究意欲を継続させるために，生徒自らが学習課題を設定した。この学習課題についてのアンケート結果を記す。



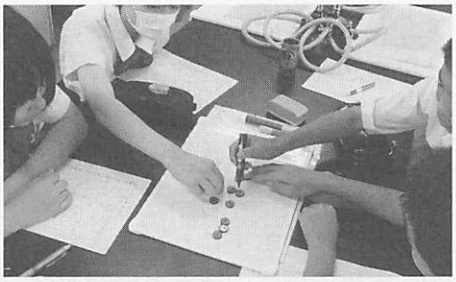
自分たちが作った学習課題は，課題を最後まで追究できる学習課題でしたか。
（２年Ｂ組　男子20名　女子20名）

生徒からは「自分たちが作った課題だったので，楽しく最後まで考えることができた。いつものように先生から課題を言われるのではなく，自分たちが言った課題だったのでやりがいがあった。」という感想が多かった。また授業観察者からも，「実験を見せてすぐに課題設定するのは，少し強引に感じたが，生徒は自分たちが作ったと十分意識することができていた。」という指摘をいただいた。

「イ　主体的な学びを引き出すための指導の工夫」では，理由付きの予想を立てることにより，その予想した理由を考察する際の足がかりとして考察させた。右記の内容を見てみると，二酸化炭素に含まれる酸素だけをマグネシウムが吸収したという書き方がされており，考察の場面で酸化と還元に気付くための足がかりになる予想ができていると言える。

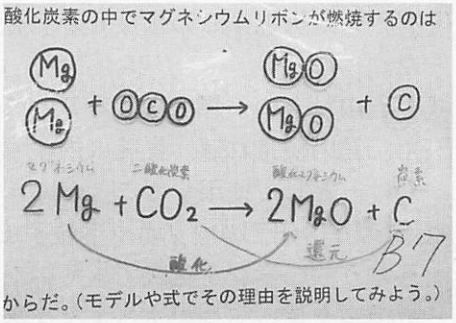


生徒が書いた理由付きの予想



原子・分子のマグネット粒子モデル

また，考察する際に「原子･分子のマグネット粒子モデル」を使用させることにより，相談するような雰囲気の中で学び合い引き出そうとした。その様子は，複数の生徒がマグネットを動かして自分の意見を説明しようとしたり，班員全員の目線がマグネットに集中していたり，仲間との学び合いを通して結論にいたる様子が見て取れる。



コミュニケーションボードの内容

(2)　研究の視点　基礎・基本の捉えと見直し

・活用できるように「習得」，「習得」したものは「活用」し「拡大」

ここでは，「習得した知識を自在に活用できるようにするための指導の工夫」について書く。授業観察者からは，「理由付きの予想を立てる場面では，用語や化学式などの既習事項を想起させたり文章で表現させたりすることで，習得したことを活用する下準備ができていた。」という指摘をいただいた。また，「原子・分子のマグネット粒子モデルは知識や実験結果の活用をしやすくさせていた。」という指摘をいただいており，この２つは，習得したものを活用させる「しかけ」として働いていたことが分かる。つまり，

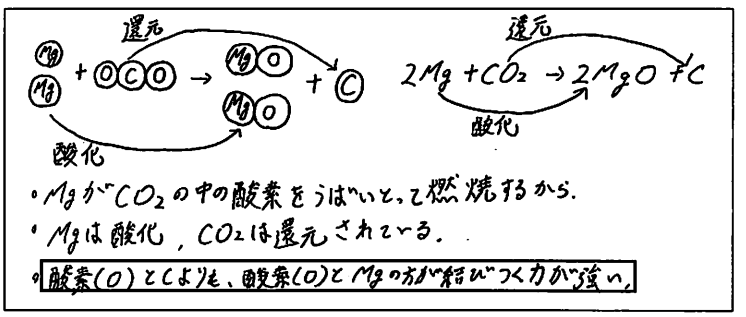
「イ　主体的な学びを引き出すための指導の工夫」で実践した内容は，「ウ　習得した知識を活用し，科学的な思考力を養う学習活動の展開」にも該当しているといえる。この活用した結果をコミュニケーションボードに表現させることにより，活用した足跡を見取ることができた。

(3)　研究の視点　自尊感情の醸成を伴う「３つのきょうどう」の精神の育成

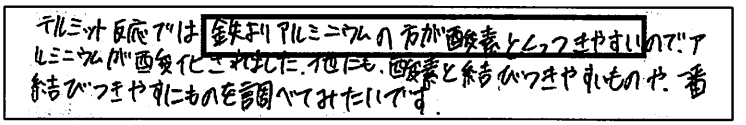
・他者との関わり合いの中で，自尊感情が醸成される学び

・「３つのきょうどう」の精神を発揮する学習活動

これについては，授業観察者から「原子・分子のマグネット粒子モデル」を使用する際に，「きょうどう」の学びがなされていたと指摘していただいたが，それによって自尊感情が醸成されたかどうかについては見取ることができなかった。ただコミュニケーションボードに書いた内容を学級で発表し合い，ワークシートに再度書く活動を通して，その内容がさらに詳しく的確な内容に変容しているところを見ると，理解が進み，そのことが学習課題を解決することができたという自信につながったのではないかと考えられる。この自信は最後に行った発展的な学習「酸化鉄のアルミニウム粉末による還元（テルミット反応）」を見せた後に，生徒がなぜこのような反応が起きたのか，その理由を多くの生徒がその場で口にし，感想の中でその理由を考察していることからも分かる。このことから本実践における「習得」→「活用」の経験は，事物・現象を科学的に思考することへの自信を深めさせ，それは未知の現象を考察する意欲となって現れたと言える。



ワークシートの記述内容
(コミュニケーションボードより的確な内容に変容)


テルミット反応では鉄よりアルミニウムの方が酸素とくっつきやすいのでアルミニウムが酸化されました。他にも、酸素と結びつきやすいものや、番結びつきやすいものを調べてみたいです。

感想の中に見られるテルミット反応に対する考察

4　研究の成果と課題

(1)　本実践の流れを整理すると

ア　理由付きの予想を立てることは習得した内容を整理することに役立っていた。また，実験結果と習得した内容をもとに，「原子・分子のマグネット粒子モデル」を使って相談（習得した内容を「きょうどう」の学びの中で活用，つまり思考）し，その思考した結果をコミュニケーションボード→ワークシートに記入し，その内容を評価するという一連の流れを示すことができた。

(2)　本校の研究の視点との関連は

ア　生徒に内在する力を引き出し伸ばすために，生徒自らが学習課題「二酸化炭素の中でマグネシウムが燃焼するのはなぜか」を設定することは，探究意欲を継続させるために効果的であった。

イ　理由付きの予想を立てることによって，考察する際の最初の手がかりを提供することができた。言い換えれば，生徒に内在する力を引き出すために，習得したことを活用するための「しかけ」として使用することができた。

ウ　「原子・分子のマグネット粒子モデル」を使って考察・思考する際に，授業観察者から「きょうどう」の学びを実践できていたと指摘していただいた。このときの様子は，マグネット粒子モデルを使って相談するような雰囲気であった。ただし自尊感情が醸成されたかについては見取ることができず，今後の課題となった。自尊感情を高め合うような言葉のキャッチボールを見取るなど，自尊感情の醸成を見取るための評価方法を確立する必要がある。

エ　本実践で行った「習得」→「活用」の経験は，事物・現象を科学的に思考することへの自信を深めさせ，それは未知の現象を考察する意欲となって現れた。

研究（その３）

「気象とその変化」の実践より

（実践者）森山由香里

１　本単元の概要

(1)　単元目標

観　　点	目　　標
自然事象への 関心・意欲・態度	気象とその変化に関する事物・現象に関心をもち，意欲的に気象観測を行ったり，新たな疑問を見つけ出したりする。 仲間と共に意欲的に意見を述べ合う。
科学的な思考・表現	気象とその変化に関する事物・現象について，観測結果や各種資料及びモデル実験等を分析・解釈し，他者に分かりやすく説明する。 各種資料の分析から，気象要素と天気の関係を見出す。
実験・観察の技能	適切な方法で気象観測を行ったり，実験及びモデル実験を行ったりする。 天気図を正しく読み取る。
自然事象についての 知識・理解	気象の変化は，大気の動きと大気中の水の状態変化が基となって起こることを理解する。 日本の天気の特徴を捉え，気象現象の起こる仕組みと規則性について理解する。

(2)　単元設定の理由

「主体的に学ぶ生徒が育つ」という点から自分の実践を振り返ってみると，特に，本単元「気象とその変化」では，「教えてきた」という反省がある。気象現象の仕組みや規則性をいかに分かりやすく理解させるかということに主眼を置いていた。理由を挙げるとすれば，本単元は，観察・実験が難しい内容が多いからであると考えられる。気象の変化は，言い換えるなら，大気圏内での水と大気の変化であり，実験室とは異なる壮大なスケールの話である。教科書（東京書籍）においても，「実験」として扱われているのは，「露点を調べる実験」及び「雲を作る実験」の２つである。さらに，本単元においては，一斉指導の話合いによる課題追究が多くなってしまった。集団を活かした生徒どうしの関わり合いによる学びをあまり試みてこなかった。そのためか，天気の変化は生徒の生活に身近であるにも関わらず，「気象とその変化」に対する生徒自身の興味が低くなったり，生徒が本単元の内容の理解に困難さを訴えたりすることもしばしばあるように感じられた。

生徒の学びのエンジンがかかるためには，理科の本質である「体験をとおして学ぶ」ということを，本単元においても重視する必要がある。学習指導要領の内容には，「身近な気象の観察，観測をとおして，気象要素と天気の変化の関係を見いださせる」とある。そこで，実際の空を見上げたり，可能な限りの実験やモデル実験を工夫したりすることに重点を置いて，生徒ができるだけ気象について実感を伴った理解を図れるような手立てを研究したいと考えた。研究するにあたり，広島市江波山気象館を訪れ，資料を探した。東京大学名誉教授木村龍治氏及び岩手大学教授名越利幸氏の実践が大変参考になることが分かり，授業に取り入れてみることとした。

また，近い未来の天気に対する関心は高くても，その仕組みや規則性を身近に感じられにくい生徒がいることも課題であると考える。学習指導要領解説には，「活動をとおして時間概念や空

間概念を形成し，気象現象が起こる仕組みと規則性についての見方や考え方を養うことが大切である」と書かれている。しかしながら，生徒の発達段階や生活経験の違いにより，時間概念や空間概念の獲得には差があると考えられる。ＥＳＤの視点から，生徒間のコミュニケーションの場を設定することにより，すべての生徒が課題解決に参画していく態度を育みたい。そこで，これまで実践を重ねてきたコミュニケーションボードを用いた手法を取り入れ，生徒どうしの学び合いが成立することを目指した。そして，他者の見方を取り入れながら，改めて気象現象を見つめ直すことで，仕組みや規則性に自ら気付いていける生徒の育成をねらい，研究を行った。

(3) 指導と評価の工夫について

［手立て１］ 気象現象に対する実感を伴った理解を可能にするため体験の場を工夫する。
［手立て２］ 他者のものの見方を活かし，自分の自然の事物・現象に対するものの見方を広げられるようにするため，生徒どうしの学び合いの場を効果的に設定する。
［手立て３］ 生徒の理科に対する関心や科学的な思考等の高まりを見取り，生徒が自己の成長を実感できるようにする。

［手立て１］ 気象現象に対する実感を伴った理解を可能にするため，大きく２つの実践を行うこととした。１つは毎時間の初めに行う気象観測である。初めの３～５分間程度で，気象観測を行わせた。その際，生徒が観測しやすくなるような環境を工夫することとした。また，雲形にも興味をもたせたいと考え，雲形検索表や雲形カードを作成することとした。もう１つは，実験やモデル実験を工夫し，できるだけ生徒が体験をとおして学ぶことができるように配慮した。

［手立て２］ 昨年度まで実践を重ねてきたコミュニケーションボードを用いた関わり合いの場を，学び合いの場にするため，ほどよいステップ感のある課題を工夫した。誰もが意欲的に，且つ自分の考えをもてる課題を工夫する必要があると考えた。

［手立て３］ 生徒の学びの足あとを，生徒の観察だけでなく，コミュニケーションボードの記述及びアンケート調査から見取ることとした。

(4) 指導計画（全17時間）

学習内容	◇ 評 価 規 準 （観点）	時間
身近な気象観測	◇気象の変化に関心をもち，継続して気象観測を行っている。（関心・意欲・態度） ◇気象観測器具の仕組みを考えている。（思考・表現） ◇気象観測器具を正しく操作し，気象観測を行っている。（技能） ◇気象観測器具の正しい使い方を理解している。（知識・理解）	3
水の変化	◇大気中の水蒸気の存在に気付き，その変化の様子や原因について日常生活や天気の変化と結び付けて考えている。（関心・意欲・態度） ◇湿度や空気中の水蒸気量を求めたり，水蒸気が凝結する理由を気圧，気温，湿度の変化と結び付けて考えたりできる。（思考・表現） ◇露点の測定や雲のでき方を調べる実験を行い，結果をまとめている。（技能） ◇飽和水蒸気量や雲のできる仕組みを理解し，水の循環の原動力が太陽エネルギーであることを説明できる。（知識・理解）	6
前線とまわりの天気の変化	◇雲画像や天気図に関心をもち，データを読み取っている。（関心・意欲・態度） ◇寒気と暖気の動きを考え前線通過時の気象の変化を読み取っている。（思考・表現） ◇天気図や雲画像，グラフ等から分かることを説明できる。（技能） ◇前線通過と天気の変化について説明できる。（知識・理解）	4
大気の動きと日本の天気	◇日本の天気に関心をもち，明日の天気を予測しようとしている。（関心･意欲･態度） ◇季節風や海陸風の吹く理由を関連付けて考察できる。（思考・表現） ◇天気を予測できる。（技能） ◇日本の天気と偏西風や各気団の関係を理解し，説明できる。（知識・理解）	4

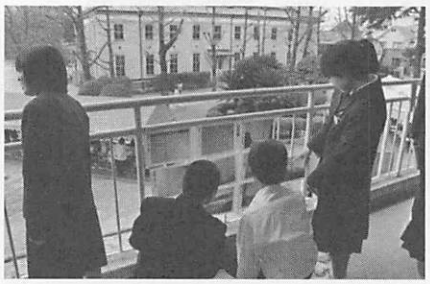
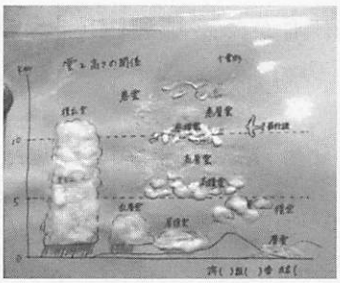
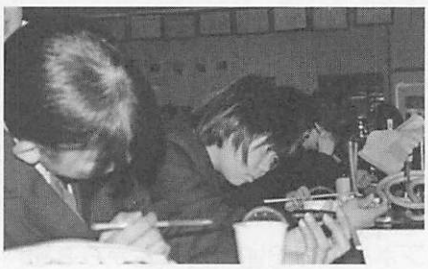
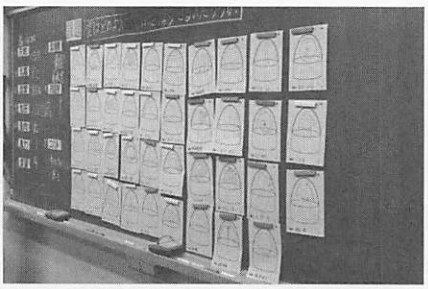
2　研究の実際

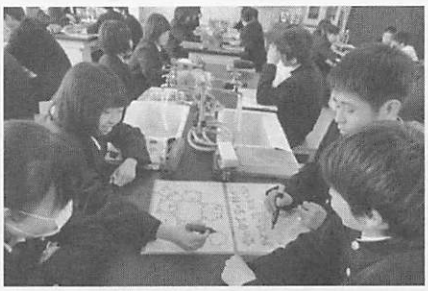
(1)　ねらい（7と8／17時間）

○モデル実験を実際の気象現象と結び付けて考え，意欲的に探究することができる。

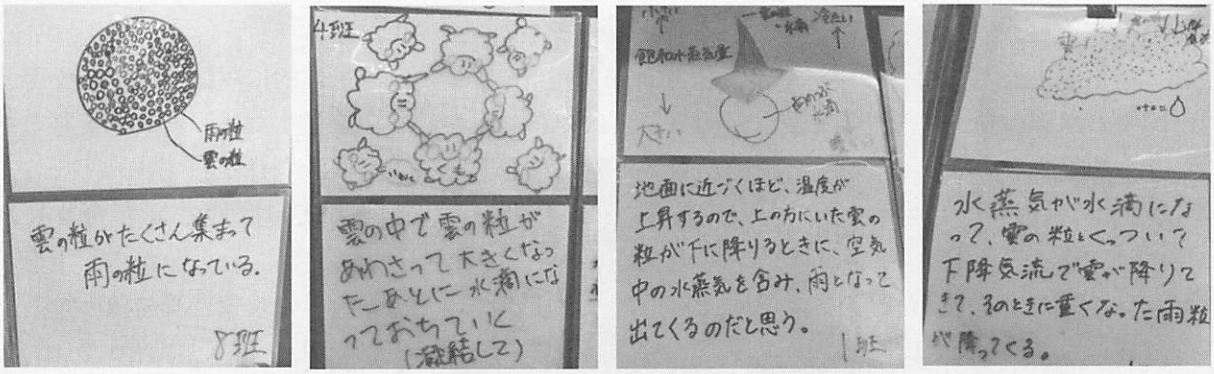
○雲の中での対流によって水滴が大きさを増し，上昇気流で支えきれなくなり，雨として落ちてくることを理解する。

(2)　展　開

学習活動（形態）	時間	○学習内容　　•生徒の反応	○指導の工夫　◇評価（方法）
1　今日の気象観測を行う。 （小集団）	5	○今日の天気はどんな天気だろう。  今日の雲は十雲形でいうと何かな？	○気象観測の継続をとおして気象の変化に対する興味を高めた。 ○雲の種類を同定しやすくするため，雲形カードを活用させた。  生徒が手作りした雲形カード
2 学習課題を話合う。　（一斉）	5	雲はどのようにして雨を降らせるのだろうか。 • 雲の中は霧みたいになっているのかな。 • 上昇気流が生じているのではないか。	
3　シャボン玉半球中の水滴の動きを観察する。 （個人）	20	○（シャボン玉半球を見せた。）中に雲を閉じ込めることはできるかな。  シャボン玉半球の中の水滴はどんな動きをしているのかな？	○主体的に課題解決する姿勢を促すため，一人一実験を取り入れた。 ○生徒の問題と向き合うため，話し合いながら，半球内での現象と凝結核の役割を明らかにしていった。 ◇モデルを実際の雲に見立て，半球内の様子を熱心に観察している。（観察）
4　水滴の動きを話合う。 （個人→全体）	20	○水滴はどのような動きをしていただろうか。  シャボン玉半球の中の水滴の動き	○すべての生徒の主体的な観察を促すため，全員に水滴の動きを記録させた。

5　前時を振り返り，本時の学習課題を話合う。（一斉）	10	（ステップ感のある課題） 雲粒はどのようにして雨粒になるのか。 • 実際の凝結核はどんな粒だろうか。 • 雲粒どうしがぶつかり合って，大きな粒に成長していくのではないか。	○ビー玉とバランスボール（直径約１m）を提示し，雲粒が雨粒に成長すると，粒の大きさが格段に大きくなることを知らせた。
6　雲粒が雨粒になる仕組みを話合う。（小集団→全体）	30	 コミュニケーションボードを用いた話合い	○学び合いをとおして課題解決させるため，コミュニケーションボードを用いた。 ◇対流に伴い凝結核の周りの水滴が大きさを増して雨粒になり雨が降ることを説明できる。（コミュニケーションボードの記述分析）
7　雨が降る仕組みについて考える。（一斉）	10	○雲粒が成長して雨粒になってどうやって降ってくるのかな。 • 上昇気流で支えきれなくなって落ちてくる。 • 氷のまま落ちてくるのが雪，とけながら落ちてくるのが雨。	

(3)　生徒たちのコミュニケーションボードの記述



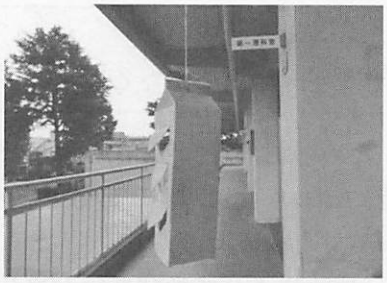
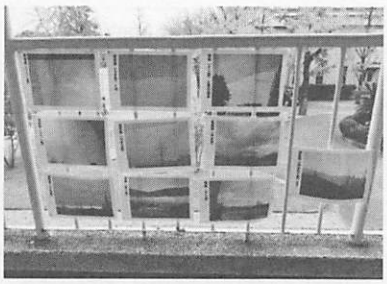
各班のコミュニケーションボードの記述の例（左から８班，４班，１班，10班）

前時のシャボン玉半球の実験と関連させながら，雲の中でどんなことが起こって雲粒が雨粒になっているのかをイメージさせることをねらいとして話合いをさせた。各班には，２枚のシートを連結させたコミュニケーションボードを配布し，その１枚には図，もう１枚には言葉を書いて，説明させることとした。

８班及び４班のように，雲粒が集まって雨粒になるというイメージは３つの班が表現していた。１班及び10班のように，水滴の粒が落ちながら他の粒をとらえて大きく粒が成長していくイメージについては，５つの班が表現していた。残りの２つの班は，上昇気流に支えきれなくなった氷の粒が落ちてきながらとけるのが雨であるというような表現であった。

昨今，ゲリラ豪雨と呼ばれる集中豪雨やスーパーセルと呼ばれる積乱雲の発達などがあり，各地にも大きな被害をもたらしている。海水と大気の温度差により雲の中に激しい対流が起こることを知り，積乱雲に対するイメージを明確にさせたいと考えたが，生徒のコミュニケーションボードの記述からそれを読み取ることは難しかった。

(4) 気象観測の場の設定

理科室前の簡易風向計（左）と簡易百葉箱（中）と学校から見た写真で作成した雲形検索表（右）

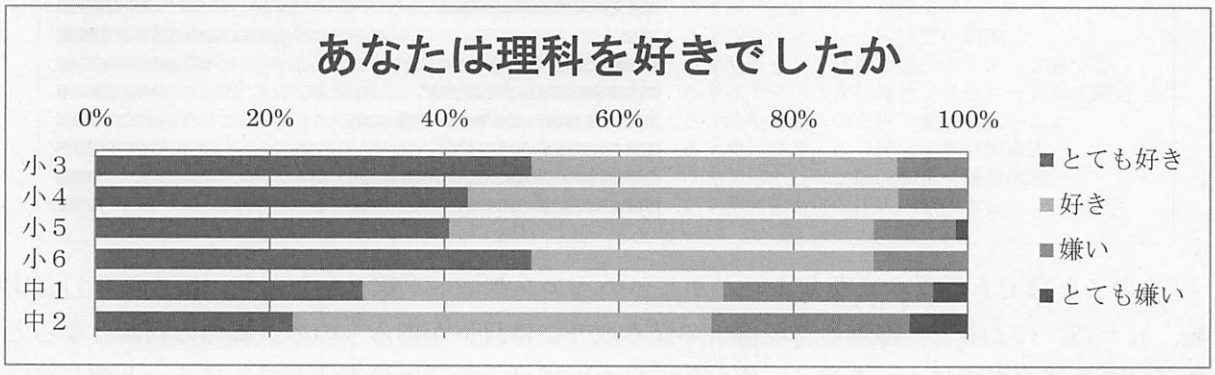
本校は，理科室前廊下がベランダのようになっており，気象観測に適している。そこで，手作りの材料で簡易風向計及び簡易百葉箱を作成した。簡易風向計は塩化ビニルパイプの先にスズランテープを付けたものである。下に発泡ポリスチレンのカップを取り付け，風向が分かるようにした。簡易百葉箱は牛乳パックを白く塗り，風通しを良くするための穴を開け，中に温度計を入れたものである。理科室前及び生徒の教室前に設置し，興味のあるときに気軽に温度を調べられるように配慮した。

また，前述のとおり，生徒一人一人に雲形カードを作らせた。これは，十雲形の形と高度の関係を調べるためのカードである。色画用紙に印刷したものに，カット綿の中身を雲に見立てて木工用ボンドで貼らせ，透明フィルムの中に入れて，持ち歩けるよう工夫した。さらに，理科室前廊下に学校から観察できた十雲形の写真をラミネート加工し，雲形検索表を作成した。高度ごとに分けて掲示し，観察に役立てられるよう工夫した。

3 考察

本年度の研究の視点と関連させて考察する。

(1) 研究の視点　愛情ある生徒理解と教師の指導観の転換



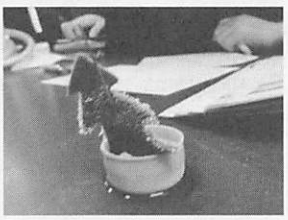
これまで，「子どもは，元来理科が好きであるが，広い視野で見るものの見方が困難になったときに対象となる自然の事物・現象を身近なものとして捉えることが困難になり，理科に対する興味が低下する」という仮説をもっていた。平成26年４月，第３学年の生徒（n＝75）を対象にアンケートを行った。

グラフより，90％以上の生徒が，小学校第３学年のときに理科を「とても好き」，あるいは「好き」であったとこたえている。それに対して中学校第２学年では，理科を好きな割合は70％余りにまで落ち込んでいる。しかも，理科を「とても嫌い」とこたえる生徒が約６％いる。また，中学第２学年で理科を「とても好き」とこたえる生徒はわずか22.6％となっている。したがって，中学に入って理科を難しいと感じたり，理科の学習がわからなくて困ったりしている生徒がいるということがはっきりした。

生徒の思いには，次のようなものがあった。

- 中学校２年から理科が難しくなったように感じた。
- 中学校になって化学反応式ができなくて自信がなくなってきた。でも，好きな単元もある。

こうした生徒が「学び」「育つ」ための鍵は，生徒どうしの学び合いの成立ではないかと考える。そのために，まずはすべての生徒にとって，課題が「自分ごと」となるような教材・教具の工夫及び課題設定の工夫が大切になってくるものと考える。

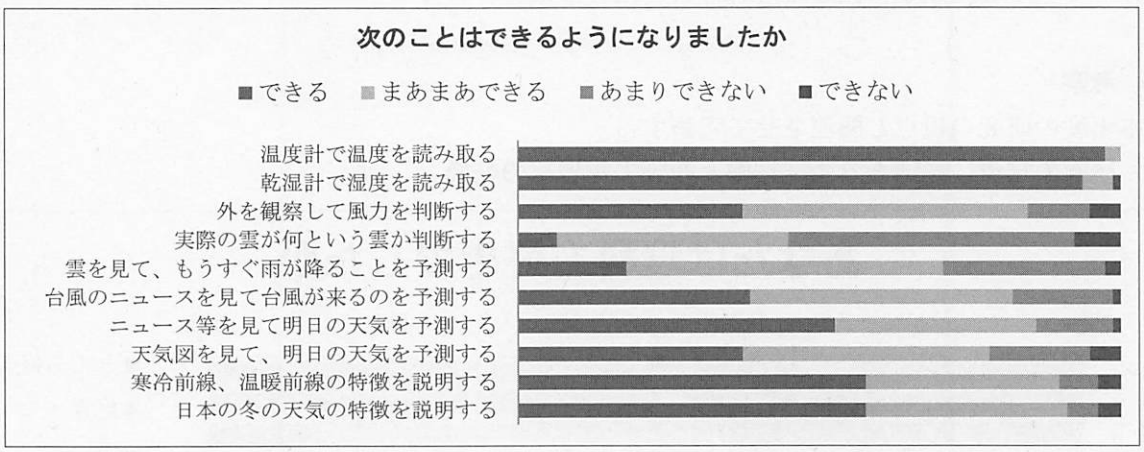


アクリル接着剤の気化熱によって水蒸気が霜になる

生徒の多くは観察･実験を好み，体験によって学びたいと感じている。そこで，本単元においても，観察・実験をできるだけ取り入れることを心掛けた。また，前述のとおり，簡易気象観測器を用いた気象観測を継続して行わせることとした。ペットボトルキャップにアクリル接着剤を入れ，そこにフェルトを入れると，左の写真のように，空気中の水蒸気が凍って霜のようなものが付く。この現象により空気中の水蒸気の存在に気付かせた。また，温度計の一方にガーゼを巻いて乾湿計の仕組みを考えたり，上述のシャボン玉半球の実験を行ったりした。シャボン玉半球の実験では，生徒は半球内の気体の対流について観察することができ，凝結核の役割についても考えることができた。しかしながら，その思考を積乱雲の中の様子にまで発展させることは難しかった。

(2) 研究の視点　基礎・基本の捉えと見直し

- 活用できるように「習得」，「習得」したものは「活用」し「拡大」



「次のことはできるようになりましたか」というアンケート（第３学年対象，平成26年11月実施，ｎ＝78）によると，温度計や乾湿計の読み取りには自信があるものの，風力の判断となると約15％の生徒ができにくいと感じ，雲の同定については，約55％の生徒ができにくいと感じていることが分かる。気象観測を継続して行っても，依然として空の雲を判断するのは難しいと感じる生徒が多いようである。

雲のでき方を習得させたうえで，それを実際の自然の姿と結び付けたい（活用させたい）ために考案した指導案であったが，実際の授業では，シャボン玉半球の中で起こっている現象と自然の姿とが十分に結び付かないといった課題が生じた。参観された先生の中には，「僕は自然の縮図をあのシャボン玉半球の中に見たような気がする。とても感動した。」とおっしゃった方もいた。それに対して，生徒の中には，「線香の煙がシャボン玉半球の中の気流を見えるようにしてくれ，温まった空気の動きが分かった。」という生徒がいたが，「あまりよく理解できなかった。必要性が感じられない。」といった感想をもつ生徒もいた。私たちの頭の中には，大気の循環や，大気の安定・不安定についてのイメージがあるため，本実験とそれらの現象を結び付けて考えること

ができる。反面，多くの生徒にとっては，どちらかというと，凝結核の働きを知るための実験であるような位置付けとなっていた。あるいは，シャボン玉半球を作るのに苦労をして十分な観察ができない生徒もいた。生徒が主体的に学ぶことを意識して一人一実験を取り入れたが，実験がうまくいかないこともあり，一人一実験ではその対応が難しかったり，一人一人が書いたモデル図をまとめていくのが困難であったりした。「すべての生徒が主体的に学ぶ理科学習」を目指すことは，学習の個別化を図ることではなく，仲間との学び合いを活かしながら「３つのきょうどう」をとおして学ぶことが必要であると感じた。

(3) 研究の視点　自尊感情の醸成を伴う「３つのきょうどう」精神の育成

- 他者との関わり合いの中で，自尊感情が醸成される学び
- 「協同」，「共同」，「協働」の精神を発揮する（が育成される）学習活動

生徒Ａは，学校生活における他の生徒との関わり合いにはやや困難があるが，理科の実験になると生き生きと活動している。生徒Ａが生き生きと実験に取り組む理由について，少し考えてみた。１つは，生徒Ａは自然の事物･現象に対する関心が高いものと思われる。また，生徒Ａにとっては，本時の学習課題という共通の話し合うべき話題があるため，仲間とのコミュニケーションをとりやすいのではないだろうか。そして，生徒Ａが生き生きと活動する姿に対する喜びから，仲間も生徒Ａを受け入れ，生徒Ａと共に学び合うことができているように思われる。

例えば上述の「理科を嫌いな生徒」や，「できるようになったことがあまりない生徒」等も含めてすべての生徒が主体的に学ぶ理科学習を展開するためには，集団における学び合いが不可欠である。その学び合いを質の高いものにするための手立てとして，ステップ感のある課題を提示することが重要である。生徒が生き生きと主体的に課題解決しようとする課題について今後も検討したい。

４　研究の成果と今後の方向性

本研究では，すべての生徒が主体的に学ぶ理科を目指し，一人一実験を取り入れた授業展開を実践した。また，すべての生徒にとって課題が身近なものとなるよう，実験の少ない「気象とその変化」の単元において実験を工夫したり，気象観測を継続的に行ったりした。しかしながら，依然として理科を嫌いな生徒や，理科の学習をとおしてできるようになったことがあまりない生徒がいるという厳しい実態が分かった。

私たちは「３つのきょうどう」の考えから，仲間と共に学び合うことをとおして，生徒が学ぶ喜びを感じたり，自ら学びのエンジンをかけて主体的に学んだりする姿を目指したいと考えている。そのため，第一に話合い活動の在り方を見直したい。コミュニケーションボードは，互いに頭を寄せて意見を言い合う様子を生み出しやすいが，ペンを持つ生徒が中心となって話合いを進めていることも多い。すべての生徒が確実に話合いに参加できる手段を考えていきたい。また，コミュニケーションに対する意欲を高め，自尊感情の向上につなぐためには，他者に自分の言いたいことが伝わっていたり，あるいは他者の考えを得たことにより自分の考えに変容が見られたりすることを明らかにしていくことが有効であると考える。その足あとが見えるような相互評価の工夫をしていきたい。さらに，前述した「ステップ感のある課題」については，各単元ごとに練り，生徒の反応を見取りながら，よりよい課題とはどのようなものなのかを追究する姿勢を常にもっておきたい。

「地球という星で今を生きるわたし」の一人として，他者と「きょうどう」して課題解決することで，持続可能な社会づくりへと参画していける生徒が育っていくような「しかけ」について，今後明らかにしていきたいと考える。

第3章　おわりに

ここでは，各実践研究の研究の視点に関する記述についてまとめていく。

研究（その１）では，すべての生徒が主体的に学ぶためには，生徒にとって身近な自然の事象を扱う教材・教具の工夫が大切であることにふれ，実物を見ながら五感を使って観察することによって，生徒の意欲の高まり，主体的な活動を引き出すことができた。また，集団の学び合いの中で，個の学びが生かされる授業展開や手立て，支援の在り方を追究する必要があることを指摘した。

研究（その２）では，生徒に内在する力を引き出し伸ばすために，生徒自らが学習課題を設定したり，理由付きの予想を立てたりする手立てが有効であることを検証した。また，考えやすい粒子モデルを使って相談する場面では「きょうどう」の学びを見取ることができたが，自尊感情の醸成につながったかどうかは分からず，今後の課題となった。本実践で行った「習得」→「活用」の経験は，事物・現象を科学的に思考することへの自信を深めさせ，それは未知の現象を考察する意欲となることを見取ることができた。

研究（その３）では，「３つのきょうどう」の考えから，話合い活動の在り方について切り込んだ。コミュニケーションボードは，互いに頭を寄せ意見を出し合う様子を生み出しやすいが，ペンを持つ生徒が中心となって話合いを進めることが多いので，すべての生徒が話合いに参加できる手段の必要性を指摘した。また，コミュニケーションに対する意欲を高め，自尊感情の向上につなぐためには，他者に自分の言いたいことが伝わったり，他者の考えにより自分の考えに変容が見られたりすることを明らかにしていくことが有効であり，その足あとが見えるような相互評価の重要性を指摘した。さらに「ステップ感のある課題」「持続可能な社会作りへと参画していける生徒が育つようなしかけ」の必要性についても指摘した。

研究全体を通して，すべての生徒が主体的に学ぶ理科学習を展開するためには，①身近な事象を扱う教材・教具を工夫して使用すること，②集団の学び合いの中で，個の学びが生かされる授業展開や手立て，支援の在り方を追究する必要があること，③生徒に内在する力を引き出し伸ばすための手立てが必要であること，④すべての生徒が話合いに参加できる手段の必要性とともに，自尊感情の向上につなぐために，自分自身の変容が分かる相互評価の必要性などが上げられた。これからも研究を続けるとともに，さらなる教師力の向上を目指していきたい。

参考文献

市川伸一（2012）「教えて考えさせる授業」図書文化
名越利幸・木村龍治（1994）「気象の教え方学び方」東京大学出版会
高橋庸哉・坪田幸政（2000）「ワクワク実験　気象学」丸善出版