

理科における学びの愉しさ

大方 祐輔	有田 正志	中田 晋介	磯崎 哲夫
古賀 信吉	竹下 俊治	蔦岡 孝則	鳥越 兼治
前原 俊信	山崎 博史	湯澤 正通	井上 純一
内海 良一	梶山 耕成	佐々木康子	志田 正訓
白神 聖也	平松 敦史		

1. はじめに

理科教育の課題としてPISAの意識調査から、科学に関する自信、自己効力感を高める必要があること、意見交換を伴う思考や、応用に関する学習を重視する必要があることなどが挙げられている。また、中央審議会答申においても「理科を学ぶことの意義や有用性を実感させ、科学への関心を高めること」が重視されている。そこで本研究では、「理科における学びの愉しさ」に焦点をあて、日々の授業において「学びの愉しさ」を実感できるような理科授業とは、どのような授業なのかを考える。

我々は、昨年まで3か年に渡り創造性を育む理科の授業をテーマに教材開発と授業研究を行ってきたが、その中で、他者との差異の認識、差異の表現、差異の理解を行う学習活動を設定することで、言語活動が活発に行われ、生徒自身から問いが生まれ、学習が自発的に進むことがわかった。これらの知見をもとに、科学の事象を探究する過程において、児童・生徒自らが、現象から「問いを内発」し、疑問を認識し、現象を「科学的に説明することができる」ようになることで、理科を学ぶことの有用性や意義を実感でき、「学びの愉しさ」を得ることができると捉える。これらを実現することのできる授業の開発を行い、実践及び検討を行う。

2. 研究の目的・方法

本研究では、「理科における学びの愉しさ」について学びの愉しさが成立する諸要素を探るために、児童・生徒、構成員及び協力校の理科担当教員、科学に携わる職業の方などからの聞き取り、質問紙による調査などを行い、分析を行う。また、「学びの愉しさ」を実感

する小学校・中学校・高等学校におけるさまざまな授業方略を取り入れた理科授業の開発及び授業実践を行い、望ましい理科学習のあり方について検討する。

3. 小学校における実践

指導者 中田 晋介

日時 2011年2月9日(水) 10:05～11:20

場所 理科室

クラス 小学校1部第3学年(男子20名女子20名)

単元 ものの重さ

指導目標

1. 物の量は重さで比べられることがわかる。
2. どのような物にも重さがあることがわかる。
3. 物の出入りがなければ重さは変わらないことがわかる。

指導計画(全8時間)

第1次 物の量は重さで比べられる・・・2

第2次 どのような物にも重さがある・・・2

第3次 物の出入りがなければ重さはかわらない

・・・4(本時3/4)

単元について

本単元は、物の重さの学習を通して基礎的な物質概念の形成をめざしている。基礎的な物質概念とは、「どんな物にも重さがある。」「物の重さは決してなくなる。」「別な物の重さも足せる。」「物の出入りがあれば、その分重さの増減がある。」などである。これらは、これから科学を学ぶ子どもたちにとって物質観を養っていくためにも重要な単元であると考えられる。

子どもたちは、日常的に「重い」「軽い」という言葉は使用している。しかし、「重さ」という言葉に対

Yusuke Ohgata, Masashi Arita, Shinsuke Nakata, Tetsuo Isozaki, Nobuyoshi Koga, Shunji Takeshita, Takanori Tsutaoka, Kenji Torigoe, Toshinobu Maehara, Hirofumi Yamasaki, Masamichi Yuzawa, Junichi Inoue, Ryouichi Utsumi, Kousei Kajiyama, Yasuko Sasaki, Masanori Shida, Masaya Shiraga and Atsushi Hiramatsu.; A practical approach to motivate the students to study science

しては、それほど意識していない。意識しなくとも生活にそれほど支障を来さない。重さの保存の概念も形成されているとは言い難い状況である。また、3年生からの理科学習において、「活用の場」を意識させ、学習した内容を基に課題について考える授業を行っている。さらに、問題解決の過程を辿る授業を行っているが、課題は多い。

本単元の指導にあたっては、基礎的な物質概念を形成するというねらいから重さの測定については、算数科の授業で行い、重さを通して、物質の見方を養うようにしたい。そのためには、密度の概念でもある粒子の集まりについて意識できるようにしていきたい。粒子的な見方は、これからの理科の授業のなかでも扱い、第6学年では、原子論的物質観が養われるようにしていきたい。また、既習事項をもとに思考する活動、つまりこれまでに獲得した知識を活用する場を設けることで、理科における学ぶ愉しさを味わわせたい。

本時までの取り組み

本時まで次に次のことを学習している。

- どんな物にも重さがある。
- 物の重さは決してなくなるらない。
- 別な物の重さも足せる。
- 物の出入りがあれば、その分重さの増減がある。

第1次において、手や天秤で、(直接比較、間接比較、個別単位、普遍単位)物の重さを比べる活動を行っている。

第2次において、どんな小さな物にも重さがあるのか、小さな粘土、髪の毛にも重さがあるのか考え、調べる活動を行った。さらに、物を分割すると重さはどうなるか、粘土を使用し、分割することによる物の形の変化について考える活動を行った。

第3次では、重さの保存について扱い、物を変形させると重さはどうなるか、粘土を使用し、変形させたときの重さについて調べる活動を行った。また、液体の中に沈んだ物の重さはどうなるか、容器の中に水と水に沈む物を入れ、全体の重さがどのようになるか考える活動を行っている。つまり、本時まで基礎的な物質概念とされていることは既に学習されている状態であり、本時の授業は活用の場となる。

本時の目標

重さの保存の観点から全体の重さは変わらないことがわかる。

実践結果と課題

○活用の場の必要性について

本授業から活用の場の必要性について考えてみたい。理科では、重さについての基礎的な物質概念の形成を目指さなければならない。そのために前時まで

基礎的な物質概念に必要とされる内容については全て扱っている。しかし、これまでに木の浮き沈みについては扱っていないために、数名の子どもたちは、浮力について考えたため、軽くなると考えてしまった。これは、重さの保存則と浮力の間違った関係付けによるつまづきである。このことを森氏は、構文論的誤反応と述べている¹⁾。つまり、本時のような課題を提示しない限り、子どもたちは重さの保存則だけではなく、他の概念と間違った関係付けを行うことになるとらえることができる。子どもたちが重さの保存則とともに誤反応を起こしやすい浮力について考えさせることで、子どもたちの、重さの保存則の概念は強化されるであろう。このことから誤反応を起こしやすいものとともに課題を提示する活用の場は、学習活動として有効であると考えられるであろう。

○「物の重さ」の単元から、活用の場の設定による児童の認識の変容について

本授業では、浮いているから重さは無くなると考える児童と、重さの保存則から全体の重さについて考える児童に分かれた。実験の結果、浮いていても重さはなくならない。最終的には、全員が重さの保存則が適用できることに気づけた。これだけでは、これまで誤反応を起こしていた児童が理解できているか確認することができないため、金魚の重さを量るにはどのようにすればよいか、という新たな課題を提示した。この結果、ほぼ全員の児童が直感的に回答することができた。これまでは、全体の重さはどうなるだろうかと問い続けてきた。つまり、保存則についての理解を促す課題である。しかし、金魚の重さは、全体の重さではない。そのため、全体の重さから、水とコップの重さを引いたものが金魚の重さになることを示さなければならない。子どもたちにとっては、今までの課題よりも少し困難な課題となっている。この課題では、重さの保存則を前提で考えなければならない。全員の児童が回答することができていたので、本授業において、重さの保存則についての概念を形成することができたのではないかと考えることができるだろう。

理科においては、子どもたちが誤反応を起こしやすい概念について教師が意図的に授業の中で取り上げることが必要ではないだろうか。活用の場を組織的に取り入れることにより、子どもたちはより科学的な概念を形成することができるとともに、理科における学ぶ愉しさを実感させることができるのではないだろうか。今後も様々な単元において活用の場について探っていききたい。

表1 学習過程

学 習 活 動	指 導 の 意 図 と 手 だ て	評 価 の 観 点
1 本時の学習課題を確認する。	○前時までの学習について想起させ、本時の学習テーマを確認する。	○本時の課題を明確にもつことができたか。
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> コップに水を入れ木をうかべると、全体の重さはどうなるだろうか。 </div>		
2. 全体の重さが、どのようになるのか自分の考えを書く。	○今までの学習をもとに、水に浮いている木をどのように考えたらよいのか考えさせることにより、自ら課題へと働きかけさせる。	○課題へ対して自分の考えをもつことができたか。
3. 全体の重さがどのようになるか考えを発表し、交流する。	○課題についての考えを図などを利用して発表させ、互いの意見を交流させることで、自分の考えが強化されたり、修正されたりしたことに気づかせる。	○自分の考えと友だちの意見を対比しながら考えを深めることができたか。
4. 実験を行う。	○自分の考えをもって実験させることでより科学的な概念を形成するための手続きとする。 ○実験結果を書かせ、実験前の自分の考えと比較させることで、実験後の自分をメタ認知させる。	○実験を行い、ねらいに沿った結果・わかったことをまとめることができたか。
5. 結果・わかったことを発表する。	○結果・わかったことを発表させ、重さについての概念の見直しをさせる。	
6. 本時を振り返る。	○金魚の重さを量る方法について、重さの保存の観点から考えさせることにより、本時の学習を振り返らせる。	○本時の学習を振り返ることができたか。

4. 中学校における実践

指導者 有田 正志

日時 2011年11月11日（金）10：35～11：25

場所 地学教室

クラス 中学校2年B組（男子21名，女子20名）

単元 気象とその変化

目標

1. 身近な気象の観察，観測を通して，気象要素と天気の変化の関係を見いださせるとともに，気象現象についてそれが起こる仕組みと規則性についての認識を深める。
2. 校庭などで気象観測を行い，観察方法や記録の仕方を身につけるとともに，その観測記録などに基づいて，気温，湿度，気圧，風向などの変化と天気との関係を考察させる。
3. 霧や雲の発生についての観察，実験を行い，そのでき方を気圧，気温及び湿度の変化と関連付けて考察させる。
4. 前線の通過に伴う天気の変化の観測結果などに基づいて，その変化を暖気，寒気と関連付けて理解させる。
5. 天気図や気象衛星画像などから，日本の天気の特徴を気団と関連付けて理解させる。
6. 気象衛星画像や調査記録などから，日本の気象を日本付近の大気の動きや海洋の影響に関連付けて理解させる。

指導計画

1. 大気と風 6時間

2. 雲のでき方 7時間

- (1) 大気中の水蒸気量 . . . 2時間

- (2) 雲の種類 1時間

- (3) 雲のできるどころ . . . 1時間

- (4) 雲の成長と降水 . . 本時を含む3時間

3. 気象観測と天気図 4時間

4. 天気の変化と日本の天気 5時間

指導の経過と授業のねらい

大気と風では，大気の厚さ・大気圧・大気圏の構造，太陽エネルギー・緯度・地表の状態と気温との関係，海陸風・季節風・大気の大循環・海流などについて学習した。雲のでき方では，大気中の水蒸気量・飽和水蒸気量と露点・湿度・断熱変化・凝結核などを実験を通して学習した。また，雲のできるどころは，上昇気流の起こるところであることも学習した。

今後は，気象観測の方法を学習し，天気図と天気との関係を理解させていきたい。さらに，温帯低気圧の構造の学習や気団の学習を通して日本の天気の変化について理解を深めたい。

本時の題目 「都市の夕立」

本時の目標

1. 上昇気流と夕立の仕組みについて理解させる。
2. 都市の夕立の学習を通して，都市気候と人間生活との関わりを考察させる。
3. 班活動による仮説の検討を通して，科学的思考力を高める。

教材と授業のねらい

都市化とともに夕立が減ってきていたのだが、大都市圏ではゲリラ豪雨など夕立（にわか雨）が増えてきている。都市気候により、都市部は気温が上がり、上昇気流が起りやすくなっているにもかかわらず、夕立は減少した。これは、地表がコンクリートやアスファルトに覆われることにより、水蒸気の供給が絶たれたためである。しかし、エアコンの普及に伴い、室内からヒートポンプによる温風（熱）と、除湿による水蒸気が室外へもたらされ上昇気流はさらに起りやすくなった。水蒸気量の増加により凝結も起りやすくなり、夕立が増えてきており、このときの降雨量も増えている。

このような現象は、人間生活に深い関わりがあり、人間が環境にどのように影響を与えているかを既習事

項と、身の回りの生活環境の変化と関連付けながら考え、議論させる授業展開を試みた。

実践結果と課題

大都市圏で最近多くなったゲリラ豪雨を題材にとりあげ、その原因を考えさせる授業を行った。生徒は課題に興味を持ち、意欲的に取り組む姿が見られた。気づいて欲しかった点はエアコンの室外機から出る温風と水蒸気存在である。気温が変わらなくても、室外機から水蒸気が出ているため、乾燥した空気より軽くなることに気づかせたかったが、生徒にとっては少し難しい内容であった。ゲリラ豪雨や排水溝から水があふれるのは、人災であるところまで考えさせるなど、さらに深く人間生活と気象を結び付けた授業内容を今後も検討する必要がある。

表2 学習過程

指導過程	学習内容・学習活動	評価・指導上の留意点
(導入)	*都市部の夕立の変遷 ・都市化とともに夕立が減少、再び増加・ゲリラ豪雨という変遷について知らせる。	・夕立の仕組みを思い出すことが出来る。 (知識・理解)
(展開1) (考察1)	*都市化とともに夕立が減少したのはなぜか ・水田からコンクリート・アスファルト ・都市気候による気温上昇→上昇気流 ・湿度の低下→雲はできにくい	・地表の変化による温度や湿度の変化に気付くことが出来る。(思考) (班活動) ・自分の考えを発言することが出来る。(思考、表現)
(展開2) (考察2)	*近年になって夕立が増加したのはなぜか? ・エアコンの普及 →さらなる気温の上昇→上昇気流 →湿度の上昇→雲はできやすい ・凝結核の増加→雲はできやすい	・都市気候の原因に気付くことが出来る。(思考) ・水蒸気量の多い空気は軽いことも伝える。(班活動) ・自分の考えを発言することが出来る。(思考、表現)
(まとめ)	*ゲリラ豪雨と都市水害 ・夕立の増加、夕立の雨量の増加 ・都市構造 コンクリート・アスファルト →排水の問題点 地下街	
(終結) ・次時の予告	・気象観測の方法	
(備考) 使用教科書：未来へ広がるサイエンス2分野上（啓林館） 補助教材：カラーブック理科資料広島県版（東京法令出版） (準備物) ビジュアルプレゼンター、発表カード		

5. 高等学校における実践

指導者 大方 祐輔

日時 2011年11月11日（金）9：30～10：20

場所 第1化学教室

クラス 高等学校I年4組（男子21名、女子17名）

単元 酸と塩基

目標

1. 酸と塩基に関する観察・実験を通して、基礎的な概念や法則を理解する。
2. 酸と塩基に関する観察・実験を通して、実験器具

の基本的な使用方法を習得する。

3. 酸と塩基に関する探究活動を通して、科学的に探究する能力を高めるとともに、科学的な思考力や判断力を身につける。
4. 酸と塩基と日常生活を関連づける酸性雨や酸性河川の中和などの学習を通して、化学に対する興味・関心を高める。

時間配当

1. 酸と塩基・・・・・・・・・・2時間
2. 水の電離とpH・・・・・・・・2時間

3. 酸・塩基の中和・・・15時間

- (1) 中和と塩・・・1時間
- (2) 中和滴定・・・5時間 (3) 滴定曲線・・・2時間
- (4) 塩の水溶液・・・2時間 (5) 緩衝溶液・・・2時間
- (6) 探究活動：炭酸ナトリウム水溶液の二段階中和
・・・3時間 (含む本時)

指導の経過と授業のねらい

本年度の高等学校第I学年の生徒たちは、これまでに、物質の構成、物質の構成粒子とその結びつき、物質の量、酸と塩基の基礎的な概念について学習してきた。本時の学習では、2価の弱酸の塩である炭酸ナトリウム水溶液の二段階中和を行い、滴定曲線を作成する。そして、滴定曲線の形状の特徴を捉え、中和滴定の進行に伴うpH変化が緩やかになっている部分があることに気づかせる。さらに、その部分の水溶液中の物質のようすを粒子モデルで表したり、反応式で説明したりすることによって、緩衝作用が働いていることを確認し、化学平衡の概念について理解させることを試みる。

本時の題目

炭酸ナトリウム水溶液の二段階中和

本時の目標

1. 滴定曲線を正確にかき、滴定曲線の形状の特徴を見いだす。
2. 既習の知識を活用し、問題解決に取り組む過程を通して、緩衝作用が働いていることに気づき、化学平衡の考え方を見いだすことができる。

実践結果と課題

生徒は、炭酸ナトリウムの二段階中和の実験(写真1)で得られた滴定曲線の形状から、中和点と緩衝作用を示す部分が2か所ずつあることに気づくことができた。続いて、表3の学習過程の問題提起に示したように、中和滴定の進行に伴って緩衝作用がみられる部分について、その原理を粒子モデルや反応式を使って説明する探究活動を行った。この活動では「協同的な

学び」を取り入れ、生徒に、写真2のようにグループごとに粒子モデルを用いながら、メンバーとの議論を通して、緩衝作用の原理を説明させた。このとき、全部で10班あるグループを5班ずつの2つの集団に分け、観察された2か所の緩衝作用について、それぞれ別々に考えさせた。生徒は、既習の酢酸と酢酸ナトリウムの混合溶液における緩衝作用の原理をもとにしながら、pHがほとんど変化しないということは、加えた H^+ や OH^- が水溶液中で消費されてしまうからである、ということに気づき、粒子モデルを用いて説明することができた。

本時後は、本時で活動した班を解体して新たな班を編成し、各班が導いた緩衝作用の原理を互いに持ち寄り説明し合うことで、炭酸水素イオンの緩衝作用について理解が深まるような授業展開にした。このような酸と塩基の「探究活動」を通して、二段階中和の実験から生じた課題に対して、既習の知識を活用しながら自ら進んで解決しようと取り組み、さらに他者と協同して仮説を導く、という手段を経ることで、「化学平衡」の概念について理解が深まった。

6. おわりに

小学校の実践では、ものの重さを題材に、物体に働く浮力と重さの保存則との関係について考えさせた。児童は、物の出入りがなければ重さは変わらないこと

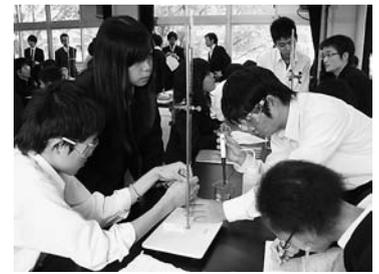


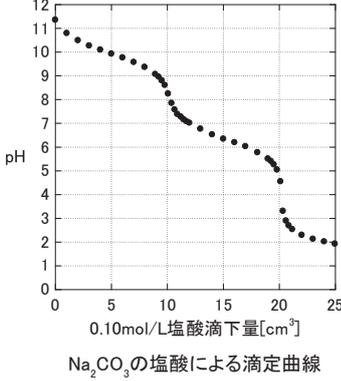
写真1



写真2

表3 学習過程

指導過程	学習内容・学習活動	評価・指導上の留意点
導入	○既習事項を確認する。 ・炭酸ナトリウムは2価の弱酸の塩であり、水溶液は加水分解によって塩基性を示す。	炭酸ナトリウム水溶液の性質について正しく理解している。(知識・理解)
展開1 課題の提示	○炭酸ナトリウム水溶液を塩酸で中和滴定したときの滴定曲線を作成しよう。	活動に積極的に参加している。(関心・意欲・態度)
説明 生徒実験	方法① 0.10mol/L 炭酸ナトリウム水溶液 10.0cm ³ を0.10mol/L 塩酸で中和滴定を行う。 ② 中和滴定の進行に伴う、加えた塩酸の体積と混合溶液のpHとの関係を滴定曲線で示す。	実験を安全に行っている。(技能・表現)

<p>結果</p>	<p>結果</p>  <p style="text-align: center;">Na₂CO₃の塩酸による滴定曲線</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○安全メガネの着用を徹底させる。 ○pH が安定しない場合は、pH が最も低くなったときを読み取るよう指導する。 ○結果をクラス全体で共有するため、データの記録にパソコンの計算ソフトを使用する。 ○滴下する塩酸の体積を区間ごとに指定する（中和点付近は8滴(約0.5 cm³)ずつ、他は約2 cm³ずつ) <p>実験結果にもとづいて、滴定曲線を正確にかくことができる。 (技能・表現) 滴定曲線の形状から、中和点および緩衝作用が働いている部分を見出すことができる。(思考・判断)</p>
<p>考察</p>	<p>考察 滴定曲線の形状の特徴を見いだそう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・pH が急激に変化している部分があり、中和点であると考えられる。 (塩酸滴下量 10cm³, 20cm³ 付近) ・pH が緩やかに変化している部分があり、緩衝作用が働いていると考えられる。 (塩酸滴下量 5 cm³, 15 cm³ 前後) 	<p>化学平衡の概念について、既習である炭酸ナトリウムの加水分解の原理にもとづいて、粒子モデルや反応式を用いて説明することができる。(思考・判断)</p>
<p>展開2 問題提起 協同的な学び</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○pH が緩やかに変化している部分では、少量の H⁺や OH⁻を加えても pH がほとんど変化しないことを粒子モデルや反応式を使って説明してみよう。 ○協同的な学びを通して、各班で考えをまとめ、ホワイトボードに記入し、説明する。 	
<p>教科書「化学 I 改訂版」(啓林館)、副教材「改訂版フォトサイエンス化学図録」(数研出版) 実験準備物 0.10mol/L Na₂CO₃, 0.10mol/L HCl, ビュレット, コニカルビーカー, ビュレット台, pH メータ, パソコン, ホワイトボード, ホワイトボード用マーカー, 粒子モデル(磁石), 蒸留水, キムワイプ, 安全めがね, 雑巾</p>		

を事前に学習しているものの、水に浮く木という素材を用いることで、児童の中には重さの保存則に浮力を間違っ関係付けしてしまう者も見られた。このことから、誤反応を起こしやすい概念を含んだ課題を提示することで、児童自身が間違っ理解をしていることに気づかせ、修正し、正しい概念を身につけさせることができることがわかった。

中学校の実践では、都市の夕立の学習を通して、都市気候と人間生活との関わりを考察させる授業を行った。生徒は、協同的な学びを通して、エアコンの普及によって室内から放出された水蒸気と温風が、ゲリラ豪雨を引き起こす原因の1つとなっていることに気づくことができた。また、ゲリラ豪雨のような異常気象は、人間の生活環境の変化に深い関わりがあることを認識させることができた。

高等学校の実践では、協同的な学習を導入して、多酸塩基の緩衝作用の原理について考えさせた。各班が導いた緩衝作用の原理を互いに持ち寄り説明し合う活

動などを通して、生徒は炭酸水素イオンHCO₃⁻は第1中和点では炭酸イオンCO₃²⁻の共役酸となるが、第2中和点では炭酸H₂CO₃の共役塩基となることに気づくことができた。

いずれの授業実践も、実験結果の予想や分析、表現、身近な現象と人間生活との関わりなどについて、児童・生徒自らが問いを内発し、疑問を認識し、現象を科学的に説明することを要求する取り組みを取り入れることで、理科を学ぶことの有用性や意義を実感でき、「学びの愉しさ」を得ることができた。

今年度の成果と課題をもとに、次年度も引き続き、理科の愉しさを実感できる授業づくりに挑戦していきたい。

参考文献

- 1) 森一夫, 「子どものつまずき診断と治療 1」『理科の教育』, p.42, 615号, 東洋館出版社, 2003.