

「酸のはたらき」の授業

—より深い科学的認識を育む授業を創るための一考察—

玉井裕和*

Lessons on the Functions of Acid

:What we need to plan lessons on the functions of acid with view
to fostering better scientific understandings

(TAMAI Hirokazu)

1 はじめに

福島原発事故は、20世紀になって人類が手に入れた巨大な原子力という科学技術力を、人類がコントロールできるのかという大きな課題を突きつけている。科学技術も軍隊のようにシビリアンコントロールが必要なのである。そのためには、市民が科学リテラシーを身に着けなければならない。江戸時代の寺子屋は「読み・書き・算盤」であったが、現代市民は、「読み・書き・計算・サイエンス」が必要なのである。

科学リテラシーには、インフォメーション（知識）、インテリジェンス（判断力）、ウィズダム（叡智）の3つが必要である。まずは、市民に必要な情報が公開されることが求められる。次に、市民が正しい知識を得て、その情報を読み解く判断力を磨くことが必要である。それとともに、たとえば、オゾンホールをなくすためフロンガス使用を止めた1992年の地球環境サミットの「予防原則」のような市民によるウィズダムの発動も必要とされているのである⁽¹⁾。

一方、2006年 PISA 調査の結果によると、日本の子ども達は、「科学への興味・関心や楽しさを感じる生徒の割合が全般的に低い」「科学的な疑問を認識すること」「現象を科学的に説明すること」に課題があるという。

義務教育の小・中学生の理科教育はもちろん、高等教育の科学教育においても、これらの課題に応えるような確かな自然科学教育の目標「①自然科学の基礎的で初歩的な事実・法則、概念を体系的に学ぶ。②自然科学の基礎的な方法を身に付ける。③科学的な自然観を身につける。④自然科学の社会的機能を認識する。」⁽²⁾を見据え、それらの達成を支え構成する自然科学

* 近畿大学教職教育部助教

教育の具体的内容を創造的に探究する課題が大きいといえよう。

筆者は、2012年3月末まで、近畿大学附属小学校の教諭であった。1983年以来、29年の在職期間のうち、理科専科教員を28年間務めた。その間、6年生の理科を20回ほど担当してきた。その実践の中間研究報告として、2003年8月2-4日には、東京都の芝中等高等学校で行われた、科学教育研究協議会 第50回全国研究大会 東京大会の高学年分科会に、「酸は水溶液になってはじめてはたらく」のレポート報告をした。同じく、2003年8月19-21日には、東京都の暁星小学校で行われた、日本私立小学校連合会 夏季研修会 第42回全国大会 理科部会に、同名の「酸は水溶液になってはじめてはたらく」のレポート報告をした。これらのレポートの主要部分は、科学教育研究協議会の編集する THE JOURNAL OF EDUCATION「理科教室」Vol.47 No.9 2004年9月号 pp64-66「入門講座(小学校)酸のはたらき(小6)」に掲載されている。また、この指導計画の3時間目にあたる「[課題3] 酢酸と酢酸水溶液ではどちらがチョークを溶かす働きが強いのか。」の授業実践記録については、「理科教室」Vol.47 No.10 2004年10月号 pp14-19「特集/酸・アルカリの学習 酸は水溶液になってはじめてはたらく—小6『酸のはたらき』3時間目 1時間の授業の記録—」に掲載されている。

そこで本論文では、

- ① その後の研究的実践の成果を踏まえ、時代と社会の要請に応えるより深い科学的認識を育む理科の授業を創るための授業構築論を改めて展開するとともに、
- ② 子どもが主体的に取り組める学習課題とは何かについての探究と、
- ③ 実生活と結びついた理科の授業を創るために、酸水溶液のはたらきの単元で展開する科学的な遊びや家庭学習＝宿題の取り扱いなどの学習展開について、

具体的に研究・究明しようとするものである。

2 学習指導要領と教科書

(1) 学習指導要領では

「学習指導要領」の該当部分を引用すると、以下となる。

〔第6学年〕

1 目標

- (1) 燃焼、水溶液、てこ及び電気による現象についての要因や規則性を推論しながら調べ、見いだした問題を計画的に追究したりものづくりをしたりする活動を通して、物の性質

や規則性についての見方や考え方を養う。

2 内 容

A 物質・エネルギー

(2) 水溶液の性質

いろいろな水溶液を使い、その性質や金属を変化させる様子を調べ、水溶液の性質や働きについての考えをもつことができるようにする。

ア 水溶液には、酸性、アルカリ性及び中性のものがあること。

イ 水溶液には、気体が溶けているものがあること。

ウ 水溶液には、金属を変化させるものがあること⁽³⁾。

(2) 教科書の学習展開

理科の教科書作成会社のひとつ、啓林館の教科書を取り上げ、検討する。

① 単元の目標

「5. 水よう液の性質」 9月第3週～、配当10時間+ゆとり1時間

いろいろな水溶液が金属と反応するようすを調べたり、リトマス紙などを使って3つの性質にまとめたり、水溶液に溶けているものを調べたりする活動を通して、水溶液の性質について推論する能力を育むとともに、その性質やはたらきについての考えをもつことができるようにする。

② 指導計画

次	時	指 導 計 画
単元導入 (1時間)	1	[導入] 薄い塩酸を鉄やアルミニウムに加えてみる。 水よう液の性質 ○金属に薄い塩酸を加えて、どのように変化するのか調べてみよう。 実験1 うすい塩酸を加えると
第1次 (4時間)	2	[1次] 溶けた金属のゆくえを予想し、実験で確かめる。いろいろな水溶液を金属に加えたときのようすを調べる。
	3	水よう液と金属 (1) 塩酸に溶けた鉄やアルミニウムは、どうなったのだろうか。
	4	実験2 とけた金属のゆくえ (2) 塩酸以外にも、金属を変化させる水溶液は、あるのだろうか。
	5	実験3 金属を変化させる水よう液

第2次 (2時間)	6	[2次] リトマス紙を使って、水溶液の仲間分けをする。 水よう液の仲間分け
	7	(1) 水溶液は、どんな仲間に分けることができるのだろうか。 実験4 水よう液の仲間分け (実験) ムラサキキャベツの葉のしるでは
第3次 (2時間)	8	[3次] 気体が溶けた水溶液について調べる。 水よう液にとけているもの
	9	(1) 炭酸水には、何が溶けているのだろうか。 実験5 炭酸水にとけているもの 実験6 二酸化炭素は水にとけるか
まとめ・ 力だめし	10	[まとめ・力だめし] / (ゆとり1時間)

(中学校理科におけるおもな関連項目)

1 (6)化学変化とイオン イ(ア)酸・アルカリ、イ(イ)中和と塩⁽⁴⁾

(3) 教科書の記述のポイント

指導要領の目標と内容を受けて、教科書では、単元の目標を定め、指導計画を展開し、具体的な内容を記述している。以下に、教科書の記述のポイントをまとめてみる。

教科書(啓林館)は、「水よう液の性質」という単元名である。

単元のリードの扉には、次のような書き出しで始まっている。「公園など、野外にある金属の像の表面がいたんでいることがある。これは、雨にとけているものが原因の一つだと考えられている。この雨と同じように金属を変化させるはたらきがある水よう液に、『塩酸』がある。」このように、教科書は塩酸を最初に登場させている。

そして、「金属にうすい塩酸を加えて、どのように変化するか調べてみよう。」として、実験1で、スチールウールとアルミニウムに塩酸を注がせる活動から始まっている。その後の展開は、第1次(溶けた金属のゆくえ)、第2次(水溶液の仲間分け)、第3次(気体のとけた水溶液)の3部構成で、全16ページになっている。また、教科書会社の想定する指導時間は10時間である。

「1. 水よう液と金属」(教科書の小単元名 以下同じ)

児童のノートを模した記述では、それぞれの金属からさかんにあわがでて、試験管があたたくなくなったこと、鉄やアルミがとけて見えなくなったという記述があり、「とけた鉄やアルミはどこへ行ったのかな」「ほかの水よう液を加えてもとけるのかな」という疑問が出されている。

実験2では、とけた金属のゆくえとして、鉄をとかした液を蒸発皿に取り、水を蒸発させ、

残ったものと元の鉄との違いを調べるとして、色を比べること、磁石を近づけること、うすい塩酸を加えることの三つの比較をさせている。また、アルミニウムも、色と塩酸で調べさせている。これらのことから、「鉄やアルミニウムは塩酸によって別のものに変化したことがわかる。」とまとめている。

さらに、「塩酸以外にも、金属を変化させる水よう液は、あるのだろうか。」と問いかけ、実験3では、塩酸のほかに、水酸化ナトリウム水よう液と食塩水を鉄やアルミニウムに注がせている。まとめには、「塩酸以外にも、金属を変化させる水よう液があることがわかる。ただし、どの金属を変化させるかは、水よう液によってちがう。」と書いている。

「2. 水よう液の仲間分け」

「水よう液は、どんな仲間に分けることができるのだろうか。」と問い、実験4で、うすい塩酸、うすい水酸化ナトリウム水よう液、食塩水、炭酸水、石灰水を取り上げ、水よう液の仲間分けをリトマス紙で調べさせている。結果を示し、酸性・中性・アルカリ性の3つに仲間分けすることができるとしている。

ムラサキキャベツの葉の汁を紹介し、コラムで発展として中和も紹介している。

「3. 水よう液にとけているもの」

「炭酸水には、何がとけているのだろうか。」と問い、実験5では、水上置換で炭酸水から出た気体を捕集し、石灰水と火をつけた線香で調べさせている。

実験6では、「二酸化炭素は水にとけるか。」と問い、ペットボトルに水と二酸化炭素を半分ずつ入れ、ふたをしてふらせている。

実験5と6の結果から、「水よう液には、気体がとけているものがある。塩酸は塩化水素という気体がとけた水よう液である。」とまとめている。コラムで、雨水を調べてみようと呼びかけ、教科書の4つの？に応えた児童の手書き風の文字で、まとめさせ、力だめしものせている。

3 時代と社会の要請に応えるより深い科学的認識を育む授業を創るには

指導要領に基づきながら、時代と社会の要請に応えるより深い科学的認識を育む理科の授業を創るには、授業をどのように創造的に構築していけばよいかという授業論を考える。

まず、義務教育段階の子ども達が学ぶべき、「酸のはたらき」に関わる自然科学の基礎的で

初歩的な事実・法則、概念やその内容は何かを明らかにする必要がある。

第一に、酸味があり、チョークを溶かすことができ、金属を溶かすことができるなど共通するはたらきを持つ固体・液体・気体の酸の物質群があり、それらは、水溶液になってはじめてはたらきを示すという事実と概念を学ぶことである。

第二に、それらの酸の物質群といくつかの金属との化学変化を学ぶことを通して、物質は変化しても、無くなったり無から新しく生まれたりはしないという法則を学ぶことである。これは、物質不滅の法則を方向目標にしている。これについては、小学校ではいささか荷が重過ぎるので、中学校に任せればよいという論も多いが、筆者は、いくつかの酸物質と金属との化学変化の共通性をとらえさせる実践をする以上、この「言葉による化学反応式」の解明を伴った物質の不滅性についての認識が必要であるし、これは小学生にも可能ではないだろうかという立場である。

第三に、アルカリ物質を酸のはたらきを止める物質群と位置づけて学ぶことである。これらの3点は、具体的な到達目標として第7章に明示している。

次には、この到達目標を獲得させる道筋を、子ども達にどのように与えるかについてである。それには、これらの事実・法則、概念やその内容を、ただ単に暗記させる対象としてではなく、法則的認識として実感を伴った科学的認識としてとらえさせることが大切だということである。

ある認識が法則的認識となるには、普遍性が必要である。その普遍性を支える多様な事実すなわち多様な教材が必要とされる。しかし、このことは、教材の多様性が単に雑多な博物的知識の集合であることとは同じではない。

学習課題は、一つひとつの事実や教材の学習を積み重ねるごとに、絶えず到達目標である基礎的・基本的事実・概念・法則に立ち返り、それらについての認識が補われ、新たに強化されて行くような構成で提示されていなくてはならない。つまり、ある学習課題の解決を目指す学習活動が、それまでの学習を問い返したり洗い直したりして、認識が豊かになっていく内容を持っていないと、そこで獲得される科学的認識に普遍性が与えられないということである。このように、それぞれの学習活動が、到達目標を連続的に支えるように構成されることが重要なのである。

子ども達は、学習過程の中でいくつかの事実を学ぶ。それらの事象からいくらかの抽象思考を働かせてある初歩的な普遍的認識を抱く。この事実とこの事実から、こんな決まりが成り立

つのではないかという抽象思考を抱くのである。これを「認識ののぼり」⁶⁾という。

そののぼって得られた認識に普遍性が成り立つならば、次に出合う、ある条件で設定された別の課題では、そののぼった認識から演繹思考を働かせて、ある一定の結果が認められるのではないかという予想を持つ。これを「認識のおり」という。

このような、「認識ののぼりおり」を通して、普遍的な科学的認識が獲得されていくのである。

その過程では、「きっと……だろう。」と子ども達が予測することが可能な課題であることがまず必要である。その予測可能性を信じた子ども達の、「だから……なるに違いない。」という演繹思考に応じて、実際に子ども達と共に検証できる実験ができることも重要である。そしてときには、「まさか……。」と思わせるような意外な課題を解決するなかで、子ども達の認識している科学的法則の適用限界を広げたりして論理思考を刺激する。最後に、「やっぱり……。」と事実を通して、科学的法則の真理性と具体性に納得する。このような「認識ののぼりおり」を経て、子ども達が教員の適切な指導の下、普遍的・法則的認識を持つことができるのである。

そのとき、子ども達学習集団の学び合いの問題も大切である。学習課題の前後の関連が明確で、学んだことを活用して新たな高みに挑んでいることに、子ども達自身が自覚できる構成であれば、たとえ課題がまだ挑戦していない未知のものであっても、知恵を出し合い、討論を重ねる中で、自分達学習集団の力で解決していける見通しを持つことができる。

また実際の学習課題を解決していく体験のなかで、自分達がより賢くなってきたという実感が持て、自己肯定感も持てるのである。

以上のように、選び抜かれた到達目標と、それを支える具体的内容＝教材で有機的に構成された学習課題群で、「認識ののぼりおり」を、学習集団の英知を集めて進める学習を通してこそ、子ども達に自然科学の法則的認識を獲得させ、豊かな自然観が形成できる保証となるのである。これらを踏まえて、「酸のはたらき」ののぼりおり表（1枚授業書）を、本論文に添えている。

4 具体的な教材論

(1) 最初に扱う酸水溶液が塩酸でよいか？ 小学生の気体認識に関わって

教科書では、先の概括に触れたように、最初に取り扱う酸の水溶液は塩酸である。教科書自身が、塩酸を最初に扱いながら、その塩酸についての解説は（単元配当全16ページの内の）13ページ目である。最初に扱う物質の解説が、学習の後半で単元のまとめのところにあるという

のは問題であろう。未知の物質塩酸で、なおかつ、その正体が、塩化水素という気体の酸物質がとけた水溶液であるとは、学習の初期段階での子ども達には、まず理解不能である。科学の学習がマジックに貶められているのではあるまいかとさえ思える。

小学生にとって、気体を物として認識するのは難しいものがある。そのことは、人類の科学史を振り返っても見てとることができる。

古代、原子論を否定したアリストテレス（前384-322）の4元素「火・空気・水・土」説は、中世の偉大な天才の登場まで信じられていた。ダ・ヴィンチ（1452-1519）が、空気は単一元素ではないと見破り元素論争に一石を投じたのである。

その後、燃焼現象の研究と空気中に含まれる各種気体元素の発見に至る道程で、中世の錬金術師たちが、すばらしい謬見である燃素説＝フロギストン説に迷い込む。やがて、ヘルモント（1577-1644）が二酸化炭素を発見し、近代化学の開拓者ラボアジェ（1743-1794）が、酸素の真の発見者として正しい燃焼理論を確立し、燃素説を葬り去った。その後、近代的原子論を提唱したドルトン（1766-1844）によって、『倍数比例の法則』が打ち立てられた。こうして、現在の義務教育課程で子ども達が学んでいる近代化学が確立したといえる。

それは、一方で、ガリレオ（1562-1642）が近代科学としての力学を起こし、ニュートン（1642-1727）がそれを引き継いで、『プリンキピア』（1704）にて確立したといえる近代力学に比べ、近代化学は100年以上も遅れたのである⁶⁾。

次に、小学生と気体との関わりを具体的に見てみよう。この水溶液の単元までに、小学生が気体を学んだり取り扱ったりする単元がいくつかある。たとえば、3年では「風やゴムのはたらき」、4年では「空気や水をとじこめると」「ものの温度と体積」「ものあたため方」などの単元である。しかし、それらの学習における気体の扱いは、実は気体といった抽象的な物質ではなく、身の回りの空気そのものである。

それらに続く4年の「水のすがた」では、当然、水の三態変化であるから、さすがに水蒸気を扱ってはいるが、その学習においても、子ども達は「気体＝空気」の呪縛からなかなか解放されないものである。

たとえば、三態変化の学習では、水だけに限らず、アルコールなどの他の物質も扱ったりして、三態変化の概念をより深く認識させる発展学習も行う場合がある。

そこでは、まず、液体のアルコールの匂いを嗅がせ、燃焼させて、無色透明ではあるけれど水とは違うアルコールであることを知らせる。そのようにしてアルコールを知らせたあと、そ

の同じアルコールを注射器に閉じ込めたものに、90℃以上の水をかけて加熱する。すると、液体のアルコールの中から気泡が出て気体が発生してくるのが見える。この実験事実の観察を言語で表明させるとき、子ども達は、閉鎖系の注射器の中に見える気泡はアルコールの気体とは言えずに、「アルコールの中から空気が出た。」と言うのである⁷⁾。

6年生では、この「水溶液の性質」の学習をする前に、気体を直接扱う「ものが燃えるとき」という単元がある。まず、物を燃え続けさせるには、空気の入替えが必要であることを知らせる。次に、気体検知管を使わせて、酸素の減少と二酸化炭素の増加を調べさせる。その次に、酸素中で、ろうそく・線香・木などを燃やして、酸素の物を燃やすはたらきを伝えている。そして、窒素の気体も扱っている。

しかし、そうした気体の学習を経たにしても、いささかの予備知識もない小学生が、この水溶液の性質の学習において、学習当初から、「塩酸とは、塩化水素の気体が水溶液になっていて、特殊な「酸のはたらき」を持っているものである。」ことを知らないでいるのは、まったく当然である。小学生には、物質の気体状態のイメージを持つことすら難しいに違いない。

小学生にとっては、物質性の認識は、まずは「固体」の物である。そして、やや「液体」の物も可能であるかもしれない。固体や液体の物であれば、その物の重さや物の体積で、物質性に迫ることができる。しかし、そもそも、目に見えなくて捉えどころのない「気体」状態の物質については、大変難しいものである。さらに、多様な気体物質の存在などは論外で、小学生にとっては「気体」とは即ち「空気」である。このような素朴な自然認識の概念が根強いのである。塩化水素などという未知の気体があって、しかも、それが水に溶けたとき特別な働きを持つなどということは、小学生にとっては、マジックの種にしかならず、簡単には、科学の学習対象として理解できるものではない。

このようにみると、小学生の酸のはたらきについての自然認識の学習で、導入として初めに扱う酸の水溶液が、塩化水素という未知の気体が水に溶けている塩酸であって、それに特別なはたらきをさせるということに大きな問題がある。

(2) 固体の物質を水に溶かす活動を経てこそ「水溶液のはたらき」とわかる

塩酸の水溶液を使わないとしたら、どうするべきか。小学生自身に、自分達で、物を水に溶かして水溶液を作らせる活動から始めると良いのである。自分達が作ったある水溶液には、ただの水とは違う特別なはたらきがあることを発見させ、そのはたらきが、ある物質グループに

共通であることを体験的に認識させる。そうした実践と思考ののぼりおりを経て、酸という物質群の存在とその水溶液のはたらきを、科学的に認識させることができるのである。

その水溶液を作るはじめの学習のとき、水に溶かす物質は、やはり、砂糖や食塩のように目に見える固体の物質であることが重要である。固体を水に溶かしてこそ、小学生が「物を水に溶かして水溶液にした」ことが自覚でき、「その水溶液が、ただの水にはない特別なはたらきを示した」という酸のはたらきの体験的実感を持たせることができる。

固体の酸の中でも、クエン酸や酒石酸など、生物が作り出した有機酸が有効である。有機酸は食品加工にも使われている。学習過程の中で思いがけず子ども達が粉を口に入れる事故が起こっても、食品なのでなめても安全だからである。固体のクエン酸や酒石酸を水に溶かして濃い水溶液にすると、水では溶けなかったチョーク（炭酸カルシウム）が泡を出して溶けていくことがわかる。また、それらの水溶液をなめると酸っぱい味を感じられる。いくつかの有機酸を水溶液にした、酸水溶液のはたらきの共通性を発見させると、そうした水溶液のはたらきを、単独物質の特殊なはたらきではなく、共通な「酸の水溶液のはたらき」と認識させることができるのである。

さらに言えば、リトマス試験紙やBTB液を取り扱う有効性にも気付かせたい。リトマス試験紙やBTB液などは、酸やアルカリの水溶液の性質を、ごく簡単な実験操作で明らかにできる力がある教材だが、教科書の扱いではその有効性が激減している。たとえば、クエン酸水溶液に水を加えていって、もうチョークを溶かす力がなくなり、舌で酸味が感じられなくなったような薄さの水溶液を作る。それでも、はじめにクエン酸を入れた事実はあるのだから、思考実験としては、水溶液はどんなに薄くなってはいても、クエン酸がまったく無くなったわけではないことを、子ども達も納得できる。そのとき、リトマス紙やBTB液などの試験薬を使えば、チョークも溶けないし舌でも味覚が分からない薄さの水溶液でも、酸のはたらきを持った酸性の水溶液であることを見破ることができる。試験紙や試験液は、このように使ってこそ有効性が発揮できるのである。

(3) 『酸は水溶液になって初めてはたらく』この事実と衝撃的に出合わせたい

クエン酸や酒石酸など固体の酸が、酸水溶液のはじめの学習に有効であることはすでに述べた。しかし、クエン酸や酒石酸を使っているにもかかわらず、酸のはたらきが機能しない場合がある。それは、水溶液が大変薄いときもそうだが、そもそも水溶液になっていないときである。酸は酸だ

けでははたらかなく、水溶液になって初めてはたらくのである。この事実には衝撃的に出合わせたい。(中間報告の「理科教室」掲載論文、授業記録参照)

固体の有機酸を二つ以上使って、酸水溶液の共通したはたらきを、チョークを溶かししたり酸っぱい味がしたりすることなどによって認識させた。こうして子ども達が、およそ酸の物質の水溶液ならば酸のはたらきを持つはずだという法則的認識を持ちつつあるとき、液体の酸を取り上げる。

はじめに扱う液体の酸は、やはり生物が作っている点で安全な有機酸である酢酸である。酢酸は、試薬ビンなどの中に入っていて、常温では液体だ。それは、酢酸の融点(凝固点)が15℃だからである。酢酸の試薬ビンを、水を入れたペットボトルなどと並べて、5℃の冷蔵庫に入れておくと、融点(凝固点)が0℃の水は当然ながら液体のままであるのに対して、酢酸の方は固体になっている。これらの事実を示して、子ども達に、「酢酸は、液体という点では水と同じだけれど、水とは違うこと」を知らせてから、次の課題を与える。

課題「酢酸だけと、酢酸に水を加えて酢酸水溶液にしたものとは、どちらが、チョークを溶かすはたらきが強いと思いますか？」

子ども達にとって、たとえば、ジュースに水を加えると味が薄くなって美味しくなくなるというのは常識である。このように、飲み物に水を加えると、そのものの味が薄くなり、そのものが持つ酸味や甘味が弱くなるのと同じように、水溶液の持つはたらきが弱くなると考えるのが「普通」だろう。だから、多くの児童は、「酢酸だけの方がチョークを溶かす力が強い」という意見を持つ。

ところが、最初の授業で注意深く思考をくぐらせながら参加した児童の中には、「クエン酸や酒石酸は水に溶かして水溶液にした。だから、酢酸に水を加えて酢酸水溶液にしたものの方が、チョークを溶かすはたらきが強い」という答えも少数ながら、出てきたりするものである。

意見を交流したあと実験で確かめる。すると、酢酸だけの方は変化がなくて、薄めたはずの酢酸水溶液の方だけしか発泡してこない事実が分かる。そして、この現象に、驚きの叫びや疑惑を持った声上がる。子ども達にとっては、意外で衝撃的だが、酢酸は酢酸だけでは、チョークを溶かさない事実を明確に示す。

事実を確認したあと、その酢酸だけしか入っていない試験管に水を加えていって、酢酸水溶液にすると、そちらも泡を出してチョークを溶かしていく事実も見せる。さらに追い討ちをかけて、この授業の前に使った、クエン酸や酒石酸の固体(粉)にチョークを乗せても、(水溶

液にしていないから当たり前だが)チョークからは発泡しないことも見せる。ここまでくると、どうすればチョークを溶かされるかと聞けば、「水をかける」と答える。水を加えて、クエン酸(酒石酸)水溶液になるとチョークが溶けていくことを確認する。このようにして、『酸は水溶液になって初めてはたらく』事実と衝撃的に出合わせるのである。

(4) 『水溶液の性質』ではなく『水溶液のはたらき』と認識させたい

教科書は、第2次で、「水よう液は、どんな仲間に分けることができるのだろうか。」と問い、実験4で、うすい塩酸、うすい水酸化ナトリウム水よう液、食塩水、炭酸水、石灰水を取り上げ、リトマス紙による色の反応だけで分類させている。かつての教科書は、水溶液の酸性・中性・アルカリ性の性質と併せて、水溶液の持つにおいも調べさせていたのだが、現行の教科書は取り上げていない。

単に、水溶液はリトマス紙による色の違いによって、酸性かアルカリ性かの仲間分けができることだけを扱うのであれば、それ以後の学習の深化・発展は期待できない。教科書は、分類する意味を与えていない、子ども達は意味が分からないまま操作させられているのである。酸やアルカリの実体は何なのか分からないまま、ただ分類させられている子ども達にとっては、「酸やアルカリとは、リトマス紙を青や赤に変化させるマジックのタネみたいな物」という受け止めにしかなりようがない。このような水よう液の仲間分けだけの活動が、単元の学習全体をも規定しているのであろう。教科書の学習全体の単元名も、「水よう液の性質」となっている。

ところで、「性質」という言葉を、小学館の「現代国語例解辞典」で調べてみると、「①生まれつきのたち。もって生まれた気質。②事物が本来もって、それによって他の事物と区別できるような特徴。」と書いてある。さて、果たして、ここでの一連の学習は、水に溶かした液が生まれつきもっている「気質」や、水溶液が本来もって、他の事物と区別できるような「特徴」であろうか。そうではない。酸と呼ばれる物質グループがあって、それが水溶液になったときに「機能を示す」、つまり『はたらく』というのが本質である。

だから、教科書のような「水よう液の性質」ではなく、全体の学習単元名も「酸水溶液のはたらき」または、「酸のはたらき」と変える必要がある。単元名にも、学習すべき内容をしっかり追究させ、確かな法則的・科学的認識を持たせたいという願いを反映させたいのである。

以上のように、はじめから「水溶液ありき」ではなく、『酸のはたらきとは、酸(アルカリ)

の物質が、水に溶けて水溶液になったときのはたらきである』ととらえられるようになることが大切である。このことを実現するためには、先に述べたように、固体の有機酸物質を水に溶かして調べる活動から始めるべきなのである。

(5) 固体の有機酸からはじめ、液体・気体の酸物質へ認識を広げる

繰り返しになるが、多種多様な固体の物質がある中で、クエン酸や酒石酸などは、水溶液にした時、①水には溶けない炭酸カルシウムを溶かすこと。②なめてみるとすっぱい味がすること。③リトマス紙の青を赤に変えることなどの、『共通なはたらきを持つ』ということを知らせることが出発点である。これが、「酸水溶液のはたらき」の土台となる認識を形づくる。

「酸のはたらきとは、酸物質の水溶液のはたらきである」という認識は、固体の次に、水溶液ではない液体の酢酸や硫酸を扱うことで、より鮮明になる。

児童にとっては、液体物質とある物質の水溶液との区別は難しいところである。身近に見る物は、たいてい水溶液である。しかし、この区別が分かり、液体の水溶液についての理解とその認識をくぐると、次の塩化水素のような気体の酸物質も、水に溶かして水溶液にすれば、固体や液体の酸水溶液での認識を支えにして、酸水溶液としてはたらくことについての視界が開けてくる。こうした手順を経てこそ、塩酸が使えるようになるのである。

(6) 酸のはたらきを学習する前に金属の学習を

酸水溶液がはたらくとき、そのはたらきを受ける対象物質として、はじめはチョーク（炭酸カルシウム）を取り上げる。（チョーク）炭酸カルシウムは、まず、子ども達が学ぶ教室にある身近な物質である。そして、水には溶けない物とみんなが認めうる物の中で、（仮に意図せず口に入れる児童が出ても）安全な物のひとつである。ところが、そのチョークも、ひとたび酸水溶液に出会うと、簡単に（二酸化炭素を）発泡し、どんどん溶けて小さくなっていく。このように、チョークは、酸水溶液のはたらきを受けたものが変化していくことを示している点で優れた物質である。

しかし、一方で、酸水溶液にとけるチョークは、見えなくなって行き無くなってしまふ。チョークが酸水溶液に溶けると、酸水溶液のはたらきかけは目に見えて認めることができても、発生した気体の二酸化炭素は空气中に散らばって見えなくなっていくので、まるでこのはたらきが一方的であるかのような誤解を生む恐れがある。この酸水溶液のはたらきが、実は、

(詳しくは中学校で学習するが、イオンの働いている) 化学変化として相互に作用し合って、お互いの物質が変化していること、さらには、物質の不滅性を、小学生にも初歩的に捉えさせるには、チョークには不十分さがあるのである。

そこで、この化学変化の相互作用性と物質の不滅性を捉えさせるのに有効な物質群が金属である。物の相互変化を扱う上で、金属は化学変化の初歩の学習には優れた素材である。それは、金属だけが持つ、①独特な金属光沢があるということ。②電気の良導体であるということ。③たたいも壊れないでどこまでも延びていくという延展性があるということは、小学生にも認めることができる重要な特性だからである。

そうした金属一般についての認識を持つと、金属が酸(またはアルカリ)の水溶液とはたらきあって(化学変化していき)、一方で金属が金属でなくなっていくことや、他方で水溶液に溶けていた酸物質もなくなっていくことを捉えることができる。すなわち、化学変化をして、お互いの物質が変化し、金属も金属でなくなっているということが、金属の三つの属性を調べることで、容易に理解されるのである。

そこで、もし酸水溶液のはたらきを学ぶ本単元の前に、この金属の属性についての学習をしていない場合、数時間だけでもまとまった金属の学習を行い、いくつかの金属について、共通した三つの属性についての認識を身に付けさせておくことが求められる。

(7) 小学生にも化学変化の初歩的認識を

金属学習をして、金属を扱う土台を作ったうえで、酸水溶液と金属とがお互いはたらき合う化学変化の初歩を学習する。

はじめに取り上げる金属は、次に述べるような一連の事実が確認しやすい点で、マグネシウムが優れている。

塩酸に金属マグネシウムを入れると、発泡し発熱する。そして、金属光沢のあったマグネシウムの固体はどんどん小さくなっていき、やがては完全に見えなくなる。塩酸が、金属マグネシウムを溶かして金属マグネシウムが無くなったことが分かる。

ここで、マグネシウムはどこへ行ったかと問いかける。まずは、金属マグネシウムはまったく見えなくなっているから、気体(の水素)になって出て行ったという応答が出よう。さらに、食塩や砂糖が水に溶けているように、塩酸の中に溶けているという応答も出よう。

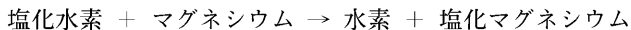
金属学習や三態変化の学習で得た科学的認識があれば、試験管に手で触れることができるほ

どの低い温度で、また、水中にある金属が簡単に状態変化して、固体が気体になって蒸発したりはしないはずだとの意見も出よう。

先の反応で（または、再度実験して）発生した気体を、空の乾燥した試験管に上方置換で捕集して、マッチの火などを近づけると、キュッとかポンとかの音がして、試験管の口がくもる。一連の事実の確認で、発生した気体はマグネシウムではないことが確認できる。そのあと、科学者の解明によって、発生した気体は水素であることを教える。

つぎに、二番目の水へ溶解したという説についての追究をする。反応が終わった後の上澄み液を取り出し、蒸発皿やカッセルロールなどで水を蒸発させると、あとに固体が残るのが認められる。しかし、はじめの金属マグネシウムのような金属光沢はない。さらに、金属マグネシウムは水に溶けないのに、この固体は、新たに水を注げば簡単に水に溶けてしまう。ここで先の金属学習が生かされる。光沢がないし水に溶けるから、残った固体は金属ではないのである。

これらを確認できたあとで、塩酸と金属マグネシウムの反応の解説をする。金属マグネシウムは、塩酸と出会うと、塩化水素の結合を断ち切り、お互いに相手を換えて、水素が分離して発生し、一方の金属マグネシウムは、塩素と結合して塩化マグネシウムができたのである。そのとき、発熱もしている。これを次の言葉の化学反応式で確認する。



こうした解説は、事実の丁寧な確認があれば、小学生でも初歩的に理解できるであろう。そして、「化学変化」の言葉を教える。化学変化しても、物質は無くなったりしないで、結合相手を換えているだけである。この内容が、物質不滅の法則を方向目標に持っている学習とする所以である。

その後、マグネシウムを、亜鉛や鉄、アルミニウムなど別の金属に替えて、同じような化学変化をしていることを追究していく。こうした学習を積み重ねると、酸水溶液と金属の化学変化を一般化することができ、法則的な認識が獲得できるのである。

(8) アルカリと酸とは並ぶものではなく、中和し合う物質と扱う

最後に、アルカリ物質を扱う。そのとき、酸とアルカリが中和している事実を捉えるなら、教科書のように、酸物質もあるがアルカリ物質もあるというように、アルカリ物質を、酸物質

と並列に扱うべきではない。

酸水溶液とアルカリ水溶液は、お互いのはたらきを打ち消しあい(中和して)、「塩」を作る。しかし、「塩」とは何かまでの理解は、小学生には求めることができない。だから、せめてその入り口として、アルカリ物質の水溶液は、酸物質の水溶液が金属を溶かすはたらきをしているとき、そのはたらきを弱くする存在であると学ぶことはできるし、必要である。またこれは、酸水溶液のはたらきの学習全体を、羅列的なものにしないうで系統的に進めていく道筋をつけるし、酸とアルカリの物質それぞれについての科学的認識を更に深めることにもなるのである。

さらにこの学習では、授業で使用した酸水溶液の廃液を、アルカリ水溶液で中和処理をして捨てていること紹介しながら、環境問題にも触れて教えることも大切なことである。

5 子どもが主体的に取り組める学習課題とは何か

理科の授業は、自然科学の基礎的な事実・概念・法則を、科学の方法に従って、子ども達集団の力で獲得させることが目的である。それは、到達目標を明確にし、それを支えている具体的な内容の構造を明らかにし、一時間ごとの学習課題を明確にすることで達成される。このことは、すでに述べてきた。

ところが、この学習課題群の構成を問題にすると、子ども達が主体的にその学習課題を自分自身で発見し、自ら選んで課題として取り組んだものであるかどうかについて、しばしば問われることがある。子ども達自身が問題意識を持ち、身の回りの現象や生活の中から学習課題をとらえ、取り組もうとしたものであるかというものである。

もちろん、理科の学習においては、到達目標から学習課題の構成までの全過程で、子ども達の生活や発達が関わってくることは言うまでもない。子どもの生活や発達の状態を抜きにして、到達目標から学習課題にいたる授業論や教材論の問題を検討することはできるものではないのである。

そこで、到達目標・教材構成にもとづく学習課題は、仮に、子ども達が自分たちの生活や身近な現象の中から、主体的に問題を発見し選択したものではないとしても、最低限、子ども達が学習課題として、主体的に取り組む意義を認め得るものでなければならない。

すなわち、問題は、子ども達が問題や課題を発見したかどうかという事実性にあるのではない。何をこそ学び取らせるかという戦略的課題を到達目標として明確にし、具体的な教材を用意し、その解決を目指して挑み甲斐のある学習課題に高め、子ども達が主体的に取り組める内

容を、授業者として、実践的に用意できているかどうかにあるのである。

以上のことを前提にして、子ども達に科学リテラシーを身に付けさせることを視野にいったとき、学校で学ぶ理科の授業と子ども達の実生活との有機的な結合が重要になる。子ども達に、自然科学に信頼を寄せてもらい、自然科学の目で世の中を見渡していける能力を身につけてもらうには、普段の理科の授業が「自分達の生活の実際に役に立つ」という実感とその体験に基づく科学的認識の形成が必要とされる。そのとき、主に二つの方向での検討が重要となる。

一つは、前述したように、到達目標から学習課題・教材まで、子ども達の生活や発達の状況を踏まえたものにして、学び甲斐のあるものにするることである。

もう一つは、学校の理科の授業で学んだことを、子ども達の実際生活の中に積極的に問い返し生かすことである。理科の授業で学んだ科学的認識を実際に適用する自発的活動＝遊びを理科の学習の中でも組織することである。

6 遊びや家庭学習＝宿題で、理科の学習を実生活と結びつけさせる

学んだ科学的認識と実生活との結合については、第7章の指導計画にあるように、[課題7]での家庭学習（10円玉をピカピカにする）と、[課題10] そのもの、そして [課題10] での家庭学習を位置づけている。

人間は、本来能動的である。人間の子どもは、生まれたときから基本的に能動的で、常に働きかけを待っており、よい働きかけには快い感覚を持って応え、自らを発達させていくことのできる、非常に自己変革的な動物である。そんな子ども達が生活の中で遊ぶときに、理科の学習で学んだ科学的認識を試す内容として「科学的な実験」を組織するのである。子ども達に、学んだ科学的認識を鍛える場として遊びを組織するということである。

課題10にあげたような科学的な遊びや宿題には、その遊びを経て、何か新たな科学的認識を求めているような課題性はない。ただ、理科の学習で得た科学的認識を土台にして、文化性の高い質の遊びを組織するという意識性はある。そのような遊びができたとき、その達成感が次の行動へのエネルギーともなって、学校で学んでいる学習が、実生活の中で生きてはたらいっているという実感が持て、自然科学と自然科学リテラシーへの信頼を築く事ができるのである。

このように、科学の力が児童の実際生活の中に生かされていく体験を積極的に組織してこそ、学校の理科の授業で学んでいる科学的知識や法則的認識が、生きてはたらく学力として実

感をもって捉えられ、より深い学習意欲も湧いてくるのである。さらには、自然科学への信頼感を構築し、自然科学リテラシーを身に付けていくことに繋がるのである。

以下、「課題10」を具体的に提案する。

〔課題 10〕「酸っぱい梅干がアルカリ性食品と呼ばれているのはどうしてでしょう。」

課題10は、子ども達と科学を学び・遊ぶという課題である。遊びながら、子ども達の生活の中に、酸・アルカリ物質が活用されている事実を見つけさせ、不思議さを感じさせ、親しみを持たせる。そうした科学性のある遊びを組織することが、「酸のはたらき」の学習全体を強化し、科学リテラシーを身に付ける道筋になるのである。

筆者の指導計画では、当初、酸の物質が(ある濃さの)水溶液になると酸味が舌で感じられることを酸物質と決める手立てにしてきた。ところが、食品成分表などには、酸味のある梅干はアルカリ性食品に分類されている。小学生では、学習過程でこの疑問を投げかけてくる児童はまず居ないが、このことを子ども達に知らせると、「この表示は間違っていないか」という疑問を持つ。食品成分表のいう酸性食品・アルカリ性食品とは何か。

食品が消化管で消化・吸収されてその栄養分が血液に運ばれていくとき、食品中のリン、イオウ、塩素、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウムなどの元素が、灰分として捕捉される。それは、ちょうど食品を空気中で燃やして、その可燃部分が燃焼した後、灰として残されたものと同じである。有機物は、空気中で完全燃焼すると、CやHやOは気体となって拡散するが、食品中の金属元素は、少量の灰となって残る。これが、ミネラルというものである。そこで、食品 100g 中の灰分を滴定中和するのに必要な 1 規定の酸またはアルカリの ml 数で、その食品の酸度・アルカリ度を表している。

子ども達と行う実験の方法は次のようにする。細かく砕いたいろいろな食品の試料をルツボに入れ、底部と上から 2 本のバーナーで炎を吹き付ける。灰化したものが常温になるまで待ち、再び水を加えて煮沸してろ過する。そうして得られた濾液が酸性かアルカリ性かを調べる。度数を調べる定量的な実験までは不要であろう。

穀類、肉類、魚介類などのほとんどは酸性食品である。野菜類、果実類、キノコ類などはアルカリ性食品である。同じ酸味でも、課題に取り上げた梅干など果実から作ったものは、アルカリ性食品で、お酒から作った食酢は酸性食品である⁶⁾。

そして、次の宿題=家庭学習を課して、実際生活の中で役立つ科学をさらに実感させる。また、家事を進んで行うことで保護者や家族のみんなに誉められ、喜んでもらう。これらのこと

を通して、科学リテラシーを身につけ、理科＝自然科学の学習の意味や意義、科学への信頼性を感じてもらうことが大切である。

【宿題】

- ① クエン酸や重曹（炭酸水素ナトリウム）でステンレス流し台をきれいにしよう。
- ② トイレ用洗剤（塩酸）でトイレをきれいにしよう。

なお、指導に当たっては、次の点に留意している。

ステンレス流し台の水垢の正体は、炭酸カルシウムなどの水の不溶性物質であること。また、トイレの頑固な汚れは、尿に含まれているシュウ酸カルシウムやリン酸マグネシウムアンモニウムなど尿路結石を作る成分で、やはり水の不溶性物質であること。これらの不溶性物質は、水には溶けないが、酸やアルカリの水溶液に溶けること。

掃除をする前に、お母さんをはじめ家族の人に、台所やトイレの汚れの正体と、その汚れを落とせる酸やアルカリのはたらきを説明しよう。

次に、流し台やトイレの掃除を実際にして、酸やアルカリ水溶液の力を感じながら、汚れを溶かしとってこよう。最後に、ピカピカになった流し台やトイレを見てもらい、家族に役立つと誉めてもらい、喜んでもらってこよう。

実際に掃除を始めるときには、酸やアルカリを少しだけ入れてはたらきの弱い水溶液を作り、流し台やトイレの隅で試してみさせる。自分の手・指など身体や衣服、流し台やトイレを傷めることのないように注意して掃除をさせる。

7 「酸のはたらき」の授業の到達目標と指導計画

以上、学習の柱にそって授業の展開のポイントを述べてきた。これらを、到達目標として整理し、1時間毎の学習展開を表にまとめると次のようになる^⑧。

(1) 「酸のはたらき」の到達目標

1. 固体・液体・気体の酸物質があり、その酸物質の水溶液には、酸味、チョークを溶かす、金属を溶かすなど共通するはたらきがある。
2. 酸の水溶液に金属が溶けると、酸と金属が変化して、金属でない物（塩）と水素ができる。
3. アルカリの水溶液は酸のはたらきをとめる。

6年 酸のはたらき のぼりおり (1) 20120626 by玉井

第4次法則					
第3次法則					
第2次法則					
第1次法則					
事実					
	活動 1	課題 2	課題3	課題 4	課題 5
留意点	<p>食品・洗剤の成分表にクエン酸があることを示し、濃い水溶液を作らせる。安全であることを告げ、酸味を感じさせる。クエン酸水溶液は水に溶けないチョークを溶かすことを調べさせる。酸味を感じない薄いクエン酸水溶液でも、リトマス紙につけると青色が赤色に変わること調べさせる。</p>	<p>名は告げず、酒石酸とクエン酸と同じ酸の仲間であることを確かめる方法を問い、調べさせる。安全であることを告げ、酸味を感じさせる。酸味を感じない薄い酒石酸水溶液でも、BTB液を入れると緑色が黄色に変わること調べさせる。</p>	<p>酢酸が水ではなく液体であることを知らせる。クエン酸と同じ酸の仲間であることを確かめる方法を問い、調べさせる。安全であることを告げ、酸味を感じさせる。酸味を感じない薄い酒石酸水溶液でも、BTB液を入れると緑色が黄色に変わること調べさせる。</p>	<p>水上置換で捕集した集気ビンに酸液の中に入れて、空気で発火させた硫黄を入れて燃焼させる。二酸化硫黄水溶液が酸のはたらきを示すことを確かめる。大気汚染公害の話をする。二酸化炭素水溶液も弱い酸であることを示す。酸性雨と地球温暖化の話をする。塩酸が塩化水素の水溶液で、酸の水溶液であることを示す。</p>	<p>金属の特性(キラキラ・ビリビリ・ヒラヒラ)を確認しておく。発生した気体はマグネシウムの気体か空気でないことを確かめ、水素であることを教える。塩化マグネシウムに金属光沢がなく、簡単に水に溶けることで金属でないことを確かめ、塩化マグネシウムなどの言葉の科学反応式を教える。</p>

<p>酸水溶液に溶ける金属は、水素が発生して、金属でないものに変化する。</p>	<p>アルカリ物質は酸物質のはたらきを抑える。</p>	<p>酸物質やアルカリ物質のはたらきは、生活の中で活用されている。</p>
<p>酸水溶液に溶ける金属は、水素が発生して、金属でないものに変化する。金属によって、酸水溶液への溶けやすさが違う。</p>	<p>酸水溶液に溶けない金属を、貴金属という。</p>	<p>固体・液体・気体のアルカリがある。どれも水溶液にするとアルカリのはたらきを示す。</p>
<p>亜鉛(アルミニウム・鉄)を塩酸に入れると、少しだけ発熱して水素が発生し塩化亜鉛(塩化アルミニウム・塩化鉄)ができる。粒を細かくしたり温めると反応が早く進む。</p>	<p>銅(金・プラチナ)は塩酸に入れても溶けなくて、水素は発生しない。酸化銅や金・プラチナの表面についた汚れは塩酸に溶ける。</p>	<p>水酸化カルシウム水溶液は、リトマス紙の赤を青に変え、BTB液の緑を青に変える。これをアルカリという。アルカリ物質の仲間に、アンモニア・水酸化ナトリウムなどがある。</p>
<p>塩酸に、亜鉛(アルミニウム・鉄)を入れます。マグネシウムと同じような変化が見られるでしょうか。</p>	<p>塩酸に銅(金・プラチナ)を入れます。今までの金属と同じような変化が見られるでしょうか。</p>	<p>この白い粉が酸かどうか見分けるにはどうしますか。</p>
<p>課題 6</p>	<p>課題 7</p>	<p>課題 8</p>
<p>亜鉛・アルミニウム・鉄は、マグネシウムと同様の化学変化をしていることを確かめる。アルミニウムは亜鉛より反応が弱いのので、加熱して反応を進め、反対に冷却して遅くできることを確かめる。鉄は、より細かい粒の物に替えて、反応速度が遅くなることを確かめる。</p>	<p>銅も金もプラチナも、どれも塩酸に溶けないことを確かめる。空気で銅板を燃やして酸化銅を作る。塩酸に入れると、表面の黒い酸化銅が簡単に溶けて、元の銅色が出てくることを見せる。金やプラチナは塩酸に入れる前より輝きが増していることを見せる。オリンピックのメダルのお話を。10円玉をきれいにしてくれる宿題を出す。</p>	<p>名は告げず、水酸化カルシウムが酸かどうか問う。クエン酸などを調べた手法を確認し、調べさせる。酸でないことが明らかになったら、アルカリと教え、リトマス紙・BTB液の色の変化を示す。他のアルカリ物質、水酸化ナトリウム・アンモニア・石鹼などを紹介する。</p>
<p>アルカリの水酸化ナトリウム水溶液は、塩酸のアルミニウムを溶かすはたらきと打ち消しあって、中和が起こる。塩酸が水酸化ナトリウム水と中和すると、塩化ナトリウム(食塩)ができる。</p>	<p>酸っぱい梅干はアルカリ食品だが、米酢は酸性食品である。紅茶にレモンを入れると色が薄くなる。アサガオやアジサイの花の色は酸やアルカリで変わる。</p>	<p>水酸化ナトリウム水溶液も、アルミニウムを溶かし水素が発生します。塩酸にアルミニウムを入れると溶けて水素が発生します。そこに水酸化ナトリウム水を加えていくと、水素が発生する変化はどのように変わりますか。</p>
<p>課題 9</p>	<p>課題 10</p>	<p>アルミニウムが、塩酸にも水酸化ナトリウム水溶液にもそれぞれ溶けることを示す。BTB液の色の変化を確かめながら、少しずつ水酸化ナトリウム水を加えていく。中和(部分中和)を教える。塩化ナトリウムを作るときは、酸性過剰にして水酸化ナトリウムを加熱することのないよう注意する。</p>
<p>選択課題として扱う。 [1]では、燃焼させて残った灰の水溶液を作って酸性かアルカリ性かを調べる。[2]では、ハーブティーのマロンプルーでは、多彩な色が楽しめる。[3]では、花の汁で和紙を染めて遊ぶ。クエン酸や重曹で流し台やトイレをきれいにする宿題を出す。なぜきれいになるかを家族に説明し、喜んでもらう。</p>		

(2) 指導計画 (全10時間)

次	時	指 導 計 画
第1次 酸の働き 固体の酸 (2時間)	1	[活動1] クエン酸を調べよう。 濃いクエン酸水溶液を作って、チョークを溶かす。酸味を感じる。 薄いクエン酸水溶液でも、リトマス紙で調べると分かる。
	2	[課題2] 酒石酸が酸かどうか確かめよう。 クエン酸と同じようなはたらきがあるか調べる。 薄い酒石酸水溶液でも、BTB液で調べると分かる。
液体の酸 酢酸 (1時間) 気体の酸 (1時間)	3	[課題3] 酢酸と酢酸水溶液ではどちらがチョークを溶かす働きが強いのか。 酢酸だけでは、はたらかない。水溶液になって初めてはたらく。
	4	[課題4] 二酸化硫黄の水溶液に酸のはたらきがあることを確かめよう。 二酸化炭素の水溶液に酸のはたらきがあることを確かめよう。 塩酸が塩化水素の水溶液であることを確かめよう。
第2次 酸と金属 (3時間)	5	[課題5] 塩酸に溶けて見えなくなったマグネシウムはどこへ行ったのか。 金属学習 (ヒラヒラ・ビリビリ・キラキラ)
	6	[課題6] 亜鉛 (アルミニウム・鉄) も、マグネシウムと同じ変化をするか。
	7	[課題7] 銅 (金・プラチナ) は、同じ変化をするか。
第3次 アルカリ	8	[課題8] 白い粉 (水酸化カルシウム) は酸かどうか調べよう。 アルカリ物質 (水酸化ナトリウム・アンモニア) の紹介
第4次 中和	9	[課題9] 塩酸がアルミニウムを溶かしているところに、アルミを溶かすと水素が出る水酸化ナトリウム水溶液を注いでいくと、変化はどうなるか。
第5次 科学遊び	10	[課題10] 酸っぱい梅干がアルカリ性食品といわれているわけを試して遊ぼう。 [宿 題] 流し台やトイレの掃除

資料として、「酸のはたらき」ののぼりおり表 (1枚授業書) を添えている。

8 まとめと今後の課題

本論文で掲げた課題は、次の3点であった。

- ① 中間的まとめに当たる「理科教室」誌掲載論文以降の研究的実践の成果を踏まえ、時代と社会の要請に応えるより深い科学的認識を育む理科の授業を創るための授業構築論を改めて展開すること。
- ② 子どもが主体的に取り組める学習課題とは何かについての探究を進めること。
- ③ 実生活と結びついた理科の授業を創るために、酸水溶液のはたらきの単元で展開する科学的な遊びや家庭学習＝宿題の取り扱いなどの学習展開について探究すること。

上記の①については、本論文では、第3章と第4章に展開した。特に教材の内容については、科学史に現れた燃素説との関わりで、小学生の気体認識の実体からいえば、固体の有機酸の酸物質を水溶液にして学習を始めることを重視し、酢酸という液体の酸と酢酸水溶液との違いに

衝撃的に出会わせるという点が核となる。また、金属学習で学ぶ金属の普遍性を踏まえてこそ、金属物質の化学変化が捉えられるという点も大切である。

そうした論点を、本論文の第3章と第4章に対応する付属の「酸のはたらき」についての認識ののほりおり表に結実させた。しかし、引き続き、川勝氏らのいう認識ののほりおり理論を実践的に探究する作業を、授業実践にかけて検証していく課題がある。

②については、学習における子どもの主体性を、形式的な問題でとらえるのではない。問題の所在は、子どもたちの主体性が発揮できる学習内容、教材、そしてそれらを具体化した学習課題とは何かである。これらについては更なる再構成をめざして、今後も研究課題としたい。

③の実生活と結びついた学習について展開を述べたが、今回の論点とその具体的展開についての授業実践はまだ十分には行っていない。今後の理科の授業実践を具体的に検討して、その教育的価値を論じていく課題が残っている。

注

- (1) 「あの原発事故は文明の転換を迫っている」学研・進学情報誌 2012年2月号 視点 インタビュー 川勝 博 名城大学 総合数理教育センター長・教授
- (2) 「教科教育法 小学校 理科」日本標準 1981年 玉田泰太郎 長谷川純三 真船和夫 著 p.18
- (3) 小学校学習指導要領解説 理科編(平成20年8月大日本図書) 54・57ページ
- (4) 啓林館ホームページ 平成23年度カリキュラム作成資料より表を一部省略下記の p.93
http://www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/new_karikyuramu/data/23nen/rika_karikyuramu23.pdf p.93
- (5) 「川勝先生の《のほりおり》講座 講演記録」2010年1月4-5日 奈良教育大学附属小学校
- (6) 「近代科学を築いた人々 上」新日本出版社 2003年 長田好弘 著 第2章 原子を探り出した人たち 第4章 力学の建設者—2人の巨人 から
- (7) 「授業づくりネットワーク」No114 学事出版 1996年10月号 pp64-73 に、「誌上ストップモーション 玉井裕和氏の授業(小4・理科)『三態変化』」があり、江間史明氏(近畿大学教職教育部:当時)による、私の拙い授業の実践記録と、記録者・授業者両者のコメントがある。

- (8) 「授業が生きるときめき実験」新生出版 1994年 pp118-119 「酸性食品・アルカリ性食品」
- (9) 「理科が100倍楽しくなる！ 実験・観察でつくる62の授業 小学3～6年」フォーラム・
A 2011年 玉井裕和 編・著 pp.190-195 など。