

理科の探究学習の新展開

—messing about とコミュニケーション—

村上 忠幸

(京都教育大学)

Development of New Scenario on Investigation Learning in Science Education
-Messing about and Communication-

Tadayuki Murakami

2009年11月30日受理

抄録：理科の探究学習を進化させるために、日本における探究学習へのこだわりと弱点について考察し、messing about とコミュニケーションの発想を考慮した探究プロセスの開発と授業実践について議論する。この様な実践を通じて、人材の育成と教材開発を一体化できる教員養成、教員研修の可能性を検討する。

キーワード：探究学習、前仮説段階、教員養成、教員研修、コミュニケーション、messing about

I. はじめに

学習指導要領として日本に探究学習の概念が導入されたのは、アメリカの理科教育の現代化の時代にさかのぼる。高校では史上最も難しいといわれた1969年改定の第Ⅲ期、高校理科（物理Ⅰ、物理Ⅱなど）の時代である。ただ、このときの探究学習は科学の方法論にこだわりすぎ、探究の形式にとらわれた窮屈な学習として、探究学習本来の主体的で自由度の大きい個別学習として成立しなかった。その後、探究学習の実現に向けて、学習指導要領はその思いを絶やすことなく今日に至っている。しかしながら、探究学習の実現に向けては、今なお厳しい状況が続いている。

私たちは日本の探究学習がなかなか実現されない現状を改善するために、2003年から理科の探究学習を実現するための実践的研究を継続してきた。国内外の多くの学校等の教育現場を訪問し、授業観察、教員との交流、また、小・中・高での授業実践を通じて、日本における探究学習の実現に必要なものが少しずつ見えてきた。そして、それらはきわめて日本的な状況のなかにあることも明瞭になってきた。すなわち、私たちが取り組んできた研究のキーワードである興味・関心、前仮説段階、プロセス開発、教員養成・教員研修はつまるところ如実に日本の「探究」に必要なことを示している。特に「日本型探究学習」という概念は、数年前には茫漠とした状況にあったが、これも、系統的に整理された形として捉えることができるようになった。そして、近年、探究学習にmessing about とコミュニケーションという要素を加味することで、さらに探究学習の実現に向けての見通しがよくなることがわかってきた。

II. 探究学習を実現するために必要なこと

1. 探究学習が必要な理由

「文明には、便利さのほかに暮らしやすさと楽しさという概念がふくまれている」とは「オランダ紀行」にある司馬遼太郎のことばである。今日の科学技術文明が浸透した社会の特性を、見事に言い表していると思う。私

たちの生活は文明の発達によって確かに便利になってきたが、果たして暮らしやすく、また、楽しくなったであろうか。私も、2005年以降、何度かオランダを訪れて、くしくも司馬と同様な感慨を抱いた。オランダを訪れる以前より、文明の浸透による現代社会の問題を抱いてはいたが、少なくとも日本に比べてオランダでは、暮らしやすさと楽しさということが実現されているように思い、少なからず衝撃を受けた。これには科学技術が社会にどのように浸透しているか、また、文化として具体的に過去・現在・未来を見通しているか、などのちがいはあるものの、特に教育における先進性は見逃せないものがあると思った。私が基盤とする理科教育のみならず教育全般に、探究学習（総合学習として）の水脈があった。今日、いまほど、教育を通じて、私たちの生活が豊になること、すなわち、暮らしやすく、楽しくなることが求められる時代はないと思う。そのためには、まず、理科の学習から探究するマインドを広げていくことが必要だと考えている。以下に、このような経緯から探究学習が必要な理由をあげる。

- ・ 科学技術文明の浸透した社会で豊かに、暮らしやすく楽しく生きるため
- ・ 考えることの楽しさを実感するため
- ・ 自己肯定感を獲得するため
- ・ 主体的な学びの姿勢を獲得するため
- ・ 健全に科学のパラダイムに接近するため
- ・ 総合学習を意味あるものにするため

いずれも探究学習に必要なこととして強調したいが、科学技術文明の浸透した社会という前提、そのなかで学ぶこと本来の姿を求めるための根拠としてこれらを提案したい。

2. 探究学習が行われない理由

「探究学習をなぜするのか?」「探究学習は特に必要ないのではないか」「明日から探究学習を指導できるノウハウを・・・」「時間がかかりすぎる」「児童・生徒の主体性を重視するとバラバラな学習になる」等々、探究学習の教員研修会などでよく聞かれる意見である。私は、探究学習が広がり浸透するには、教員自身が探究学習を学習者として経験し、また、すぐれた探究学習を見ることが不可欠と考えている。指導要領などで必要性が叫ばれているというだけで、自身は見たことも体験したこともない状況で探究学習が論じられることがよくある。ほとんどのそのような場合、探究学習に対して理解不能・思考停止に陥り、挙げ句の果てに先のような意見が出てくるようである。

我々の共同研究者である小笠原豊氏（愛知県刈谷市立亀城小学校）は、探究学習・活動が行われない理由として以下のような点を指摘している。

- ・ 教え込む理科でも、大きな問題は生じないから
- ・ 大学・高校入試には教え込む方が効率よく成果を上げることができるから
- ・ 子どもたちに本当に「おや、不思議だ、なぜだろう」と思わせるには、知恵がいる。知恵がいる活動は、できれば避けたいという気持ちがはたらくから
- ・ 探究学習・活動には「時間がかかる、お金がかかる」が、超過時間、不足金をだれも保障してくれないし、補填してくれないから
- ・ 教える教師自身が、探究活動の楽しさを実感していないから
- ・ 「探究活動」というと、何か「今までだれも知らなかったようなことを追究し調べる」という誤解があり、気

楽に取りかかれなかったから

- ・「毎年、同じように展開できない」「どのクラスも同じように展開できない」という不安があり、効率が悪いから
- ・教科書が探究的な作りになっていないから（「・・・はなぜだろう」と書いてはあるが、知識・理解に重点をおいた構成になっている）
- ・1学級の人数が多すぎる、受け持ちクラスが多すぎる、授業時間が多すぎる、校務分掌・生徒指導が多すぎるなどの理由から、その意欲をそがれているから
- ・「探究学習・活動を実践すると、こういう点で、これぐらいの成果が認められる」といった科学的なデータが示されていないから

小笠原氏は、中学校の理科クラブの指導や探究学習・活動を実践的に突き詰めた上でこれだけのことをあげている。それだけに重みがあり、いずれも、教育現場からの切実なものを射た意見だと思う。探究学習を取り巻く現実的な状況が厳しいとともに、探究学習そのものが形骸化しつつある現実が見えてくる。

3. 日本型探究学習のこだわりと弱点

探究学習が行われない理由の背景には、日本の探究学習の姿へのこだわりも垣間見える。我々の探究学習は、次のような教員のこだわりのもとに実現されようとしていることが、わかってきた。

- ・ 興味・関心への強いこだわり 探究に最も必要なものあるとの認識。不思議や疑問はその反映。関心・意欲・態度の肯定。
- ・ 探究のはじまり連続性に対するこだわり 探究のはじまり、つまり、動機（内発性・外発性）、きっかけ、気づきなどプロセスの連続性を重視。
- ・ 探究の「場」へのこだわり 気づき、発想、情報などを共有しコミュニケーションが成立する時間的、精神的に保障された空間。
- ・ 健全な科学認識、科学概念獲得へのこだわり 非科学的な概念（素朴概念・誤概念など）、非言語的認識を肯定し、それらからの脱出・変容による科学認識・科学概念を獲得。
- ・ 試行錯誤による発見主義的体験へのこだわり 探究における（学習者から主体的に発生する）不思議・疑問の重視。「見通し」「気づき」等による興味・関心の発生・高まりへの志向。
- ・ 欧米の探究理論へのこだわり 構成主義等の理論的な浸透、活用はほとんどないが、部分的に導入・活用しての探究実践の合理化。適合する理論の取捨選択。

しかし、このようなこだわりを背景とした日本型探究学習の弱点を PISA2006 に見ることができる。PISA2006 の日本の科学リテラシー（参加国 60 カ国中 6 位）の内訳を見ると、「科学的な証拠を用いること」の領域（2 位）では優れているが、「科学的な疑問を認識すること」の領域（8 位）および「現象を科学的に説明すること」の領域（7 位）は弱い（いずれも上位グループ）。そこで、科学リテラシーのそれぞれの領域を探究過程の段階当てはめてみると、「科学的な根拠を用いること」、つまり仮説を実験などのデータによって検証することは得意だが、「科学的な疑問を認識すること」、つまり問題や課題を発見すること（探究のはじまり）および「現象を科学的に説明すること」、つまり現象などを解釈・考察することや得られた知識を活用すること（仮説の設定および探究の結論の科学的説明）が弱いということになる。そこには、問題や課題（あるいは仮説）は与えられ、科学的な根拠を求める検証ばかりが強調され、得られた知識（結論）が放置されている日本の理科教育の姿が浮かび上がる。要するに、探究過程が主体的で連続的なプロセスとして捉えられていないのである。そして、このよ

うな状況は、先に示した日本型探究学習におけるこだわりが、ほとんど現実的に機能していないことも意味する。日本の理科を支える初等・中等教育の教員は、自らが「科学的疑問を認識すること」および「現象を科学的に説明すること」を十分経験していないので、すなわち授業等の教育活動として反映できないでいると推察され、この改善が重要な課題であると考えられる。

Ⅲ. messing about の発想

1. 前仮説段階と messing about の発想

私たちは、これらの問題の克服に向けて、以前から興味・関心を基盤とすることを最優先に考え、探究学習を実践的に議論するための実践的探究モデルである「前仮説段階を考慮した探究過程」を提案し発展させてきた。また、2005年からオランダ・イェナプラン教育に注目し、現地の学校・研修所・大学等調査、現地の教員研修への参加を通じて児童・生徒の主体性に依拠した多様性教育、個別教育、総合学習の姿から、messing about の発想を見出した。messing about (あるいは around、本稿では about を用いる) は、'60～'70年代にかけてアメリカのホーキンス (D.Hawkins) によって開発された理科カリキュラムの中心概念である。日本で messing about とは探究学習における「自由試行」として知られており、主体的に手がかりや気づきを見いだすという、不思議・疑問の認識に関わる概念である。この概念は、前仮説段階と相似性があり、その場で想定される試行錯誤の様態をよく示している。また、欧米型の探究学習が誤概念・素朴概念に対する最近接領域の認知的葛藤性を軸に展開しているのに対して、日本型のそれは興味・関心の発生・高まりに重きを置いている。したがって、日本では前仮説段階における messing about によって興味・関心は高められ、探究学習が主体的に始まるものとして、教員に受け入れられる土壌があると考えている。

そこで、日本の探究学習のさらなる進化のために、教員の探究的な資質・能力、特に仮説に至る「疑問の認識」「現象の説明」(PISA2006の科学リテラシーの表現)に係るところの向上を目指して、探究学習の前仮説段階と messing about を生かした教材・プロセスを開発し、それらを実践的に機能させるための教員養成、教員研究における方略を創出し、検討する必要があると考えられる。

その意味で、日本の探究学習の実現に向けての大きな課題は、日本の教員の潜在的に高い資質・能力を有効に引き出すところにある。特に、PISA2006の科学リテラシーが示すような探究学習の仮説設定に係る生徒の弱点(疑問の認識、現象の説明、知識の活用)は、それを教える教員が大学教育・教員研修で経験していないところが反映している。科学技術文明が浸透した社会における理科(科学リテラシーを含めて)は、科学的な証拠を用いて検証することばかりでは不十分である。したがって教員に不足している認識や知識・スキルなどを有効な手段・方略で補完していくことが急務である。同時に、従来の知識優先の授業論・学習論から脱却するための意識改革が必要となる。そのためには教員自らの教育実践を的確に把握でき、教育活動の企画・実践・省察が可能となるツールが必要となる。すなわち「自分が何をやっているのか、自分で把握できること」が探究学習の実現には必要不可欠である。

以上の点について「前仮説段階を考慮した探究過程」と messing about の発想に基づいて、日本型探究学習の姿を示し、探究学習の推進者である教員の養成・研修についてこれまでの弱点を克服し、新しい資質・能力の形成がもたらされる。

教員の経験として児童・生徒とともに仮説の設定に関わる活動をすることは、そのような資質・能力の開発に有効である。我々が開発した教材・プロセスの授業実施を協働で実施したり、小学校との連携教育で中・高の教

員が探究的な授業をしたりすることより、前仮説的な認識やmessing aboutへの理解が深まる実態があった。また、中・高で科学クラブを指導している教員、総合学習のコーディネータ的教員にも同様なことが言える。すなわち、教員の経験として前仮説段階・messing aboutに関わる経験を意図した機会の設定が必要になる。そこで以下のような方略を検討したい。また、これらをどの程度行えば有効性（教員の資質・能力として定着）が発揮されるかについても検討していきたい。

- 1) 探究学習を体験あるいは観察する機会の設定
- 2) 教材・プロセス開発と人材開発を一体化した授業・研修（教材・プロセスを实践できる人材の育成）
- 3) 教員研修の指導者に対する大学および海外研修（教育実習も含む）による質の向上（大学教員、研修所指導主事等に対して行う）
- 4) 小学校（特に3，4年生）を軸とした連携教育における中学校・高校教員の授業実施
- 5) 自由研究的な活動（科学クラブ、授業など）の充実と総合学習的な要素の充実

2. messing about とコミュニケーション

先に触れたように、messing about の考え方は、60-70年代にかけて、ホーキンスを中心として開発された理科カリキュラムを支える概念であるが、探究学習において私たちが求めているような試行錯誤の要素を具体的に示してくれた。その考え方の基盤として「科学を社会の繁栄を支える学問としてではなく、人間の根元的な要求である、自然を知り、それを生活上の諸々の営みへと還元すべきものである」として市民一人一人が関わり、作り出すという図式を意図している。

また、messing about は学習者にとって以下のような特徴をもたらす。

- ・ 前提となる基礎的な考え方の構造を形成する
- ・ 「学習を支配する」という学習の仕方の習得を促す
- ・ 学習者が自由に探究した後共通の規則に導かれる
- ・ messing about における多様な考え方が重要性を帯びる
- ・ 学習者が確実に支配することのできた世界だけを対象とする

このような意味で、messing about はコミュニケーションとして成立していくことがわかる。すなわち、探究学習におけるコミュニケーションの視点が、この発想から具体化されるのである。messing about として示されるコミュニケーションの特徴は以下の○△□の局面（教授・学習過程）として示される。これらは、学習者の考え方を拡大・深化させるためのプロセスとなる。

- ……教師に指示されることなく、自由に諸事情に対して探索的な活動を行う場
 - ・ 続く局面で、分析的知識を形成するための基礎になる近くによる現象の理解を築き上げる
 - ・ 子どもの道徳性、知性的・審美的発達の源を学校にもちこむ
- △ ……深化する場
 - ・ 討論を通じて、他者の意見を聞き自分の考え方を意識化
 - ・ 自分の知識の修正や反証
 - ・ 個人的なものからやや社会化され、学級間で通じるものになる
 - ・ 自分の興味に気づくとともに、それをみんなに伝えたいと思う
- ……意味づけ・理論化の場

- ・ 多様な考え方をまとめクラスで統一的な意見にする
- ・ 一人称→二人称→三人称な転換

これまでは、三人称的な客観性が科学的であると見られてきたため、一人称、二人称的な前科学的な状況はすすんで排除されてきた。しかしながら、探究学習においては、一、二人称的なコミュニケーションが成立してこそ科学に至る意識的な基盤（興味・関心）が成立すると考えられる。このような一人称から三人称への段階的展開は、前仮説段階における探究過程におけるコミュニケーションのあり方を巧みに表現している。また特に、日本ではこのようなコミュニケーションが成立しにくい傾向が見られることも指摘しておきたい。例えば、二人称的なコミュニケーションに該当する班活動が、ほとんど機能しないまま授業の中に存在することがある。班のなかで意見の交流・深化が成されないまま、声高な意見や多数決によって班の意見が三人称の場、すなわちクラス全体の前に姿を現すようになる。形骸化した形だけのコミュニケーションが児童・生徒の頭の上を流れていくばかりである。このようなコミュニケーションを改善することこそ、探究学習が健全に成立するには必要なことである。否、むしろ私たちは、探究学習が楽しく充実していればコミュニケーションは必然的にかみ合い、深まることをいくつかの探究学習の実践を通じて経験している。つまりコミュニケーションはさせるものではなくて、自然に成立するものでなくては、その本来的な意味がないとも感じている。

探究学習におけるコミュニケーションとは、多様な個性をもつ人と人との言語を介した関わり合いであり、下に示すような機能が生まれると考えている。

- ・ 他者の多様性の認識 → 自分と他者の相違に気付く
- ・ 自分のスペースの拡大 → 自己肯定感を獲得できる
- ・ 4つのベクトル → 人の中にある相互の発信ベクトルと受信ベクトルによって意志の疎通が円滑化する
- ・ 相互の協力作用の認識 → 相互の刺激による高まりあいに気付く
- ・ はじまりの共有 → 発想、問題意識などの共有によってはじまり、共進化する

私たちは、とかく他人と意見を交わすよりは、自分を押さえる方が気が楽だと思ったり、また、誰かに依頼するよりは、自分にできることなら一人でやってしまいたいと思う傾向がある。このような、自分自身のなかで対話が完結するような姿勢は、言語を介するコミュニケーションのはたらきを活かすことができず、むしろ人と人をつなぐ大切な言葉をないがしろにすることにつながりはしないかと危惧される。そのような意味でも、探究学習におけるコミュニケーションに着目することは、様々な言語活動を活性化する観点からもよききっかけになると考えられる。

IV. 探究プロセスの開発と実践

1. 探究プロセスの開発と実践

先に述べたように、探究学習の実現に向けては適切な探究学習の体験が必要となる。数年前から私たちは、教員や学生が学習者、観察者、支援者（授業者）として有意義な教育効果が得られる探究プロセスの開発と実践を行ってきた（表1）。ここには、2009年に実践した授業を示した。特に①～④は、教員研修、大学（大学院を含む）、高校、中学校、小学校での定番となっており、完成度は高く、教育効果も安定している。以下に2008年に開発し、実践している③の概要を示す。なお、②および④については既に授業の概要を報告済みである（②：京都教育大学教育実践紀要5号、④：京都教育大学教育実践紀要・第9号）。

表1 探究学習のためのプロセス開発と実践

タイトル (開発年)	内容	対象	実践状況 (2009年、回)
①紙と糊の不思議を探る (2003)	紙に水糊を塗ったときにできる波形のしわの成因を探る。定番中の定番。1時間。	中学生以上	教員研修4、大学授業5、高校1、中学校1
②ブルーボトル反応を探る (2003)	瓶の中の液体が振ると青色、静置すると無色になる反応の機構を探る。定番。2時間。	高校2年生以上	教員研修1、大学授業1、高校6
③ウメボシから塩を取り出す (2008)	ウメボシから白色の塩の結晶を分離する。定番。1.5時間。	中学生以上	教員研修4、大学授業4、高校5、中学校1
④アゲハチョウの不思議を探る (2004)	アゲハチョウが産卵する植物を探す手がかりを探る。6,7月限定。定番。時間1時間。	小学生3年生以上	教員研修2、大学授業1、高校2、小学校20
⑤水の逆流の謎を探る (2007)	ガラス容器内の水が沸騰した後、外から水を逆流させ、内部に生じる空間の成因を探る。1.5時間。	中学生以上	大学授業1
⑥サクラモチ臭の発現機構を探る (2004)	サクラモチ臭がサクラの生葉から生じる反応機構について探る。1時間。	中学生以上	中学校1、大学授業2
⑦1円玉が水に浮く不思議を探る (2007)	1円玉が水に浮く原因を解明する。1時間。	中学生以上	大学授業3
⑧炭酸飲料の泡の不思議を探る (2008)	炭酸飲料グレープ味、オレンジ味の泡立ちの違いの原因を探る。1時間。	中学生以上	教員研修1、大学授業2
⑨自分の声の不思議 (2008)	自分に聞こえる自分の声と録音した自分の声の違いが生じる原因を探る。1時間。	高校生以上	教員研修1

2. 授業の概要—ウメボシから塩を取り出す

(1) 開発の経緯

探究プロセス①～⑨のうち③だけが、私たちのオリジナルではない。2003年3月22日に行った探究学習に関するシンポジウムにおいて、小笠原豊氏が自身の授業のなかで行った実験を紹介されたが、そのなかの一つがこの実験であった。当時、小笠原氏は自身が実践した結果については明かさなかったが、私はウメボシから塩を取り出すことがそれほど難しいテーマとも思わず、長年放置していた。2007年、私の研究室に京都府教育委員会から派遣された太田拓也氏(亀岡市立詳徳中学校教諭)が、この実験をしたところ意外に難しいことが分かった。その後、数名の大学生に試行してみたところ、ウメボシから白色の結晶を取り出せる者がいなかったため、探究プロセスのテーマとして授業を開発することにした。

③以外の①～⑨は、すべて私たち(私および大学生等)が行った自由研究を背景として成立している。したがって、テーマはもちろんのこと探究過程も独自なものであり、授業化は自由研究の流れにならう形で行った。このとき自由研究の自由試行における試行錯誤が、探究プロセスの *messing about* の設計に有用であった。③についても、探究過程を新たに経験する必要があったが、すでに一定の解答が出ているテーマであるため、私たちにとって自由研究として成立しない状況にあった。そこで、私たちは自由研究として開発するアプローチをあきらめ、授業実践を通じて探究プロセスを構築するという、私たちにとってあまり経験のない手法で授業を開発することになった。

2008年春から授業(少人数の大学生対象)において、ウメボシから塩を取り出す実験を行った。グループによる実験として自由試行に任せるところ、ほぼ全員が同様な実験を行い、また同様に失敗して息詰まり、*messing about* の状況に入ってしまった。その後いくつかの実験が試行錯誤として行われたが、これらもいくつかのパター

ンに分類できた。さらに支援者の適切な助言で白色の結晶を取り出せることもわかった。ただ、助言なしに目的を達成することはほぼできないこともわかった。本授業は表1に示すように多くの教員研修、大学授業、高校、中学校で実施している（2008年：教員研修2、大学授業5、高校3、中学校1）。中には中学校の理科教員や理工系大学生を対象にしたものもあるが、助言無しでできる者は希とってよい。おおむね100人に1人程度が助言無しでできる“達成者”といった印象である。この探究の“達成者”は、高校生、大学生、教員のいずれのカテゴリーにも分布しており、成功のエッセンスは多様であろうが、ある共通の体験が鍵を握っていることもわかってきた。

この探究プロセスの授業化において、基本的に個別（個人またはグループ）の助言を基本として、一斉指導によるクラス全体の動きをコントロールする必要性がほとんど無いこともわかった。

(2) 授業の準備

○準備：ウメボシ（1班あたり5個程度）、蒸発皿、300ml ビーカー、ピンセット、ガラス棒（以上は、班に数個）ロート、ロート台、ガスバーナー、三脚、金網（以上は、班に1式）、ろ紙（1クラス1箱）

○配布物：ワークシート（以下のことを記入する）

ウメボシについて知っていること／塩を取り出す方法（試行した実験）／わかったこと／楽しかったこと

(3) 授業の展開

過程	事物・現象	学習者の発言・行動	授業者の役割・問いかけ	科学的要素
場の設定 (ウメボシに親しむ)	容器に入ったウメボシ		「ウメボシについて知っていることをあげてください」と聞く。	
生活体験の共有	現象の想起	「なぜ赤い?」「酸っぱい」「塩漬けて作る」など 赤くなる原因について意見を述べる。	一例として「赤い理由を考えてみよう」と、やり取りをして赤い理由を解説する。 探究の目的を示す。「 <u>塩の白い結晶を取り出そう</u> 」 留意事項： ・自由試行であること ・注意として「取り出した白い結晶は白色で塩味であること。着色があり酸味などがあってはだめ」	不思議・疑問の認識 科学的思考 不思議・疑問の認識
自由試行・気づき・予想 ・コミュニケーション	自由に使用できる教卓の準備物 焦げるといふ現象	実験を開始する <u>共通してみられる初期行動</u> ： ・ウメボシの果肉を水とともに潰す。 ・ろ液を得る。 ・蒸発皿で加熱、乾固する（塩が得られると予想して）。 ・焦げて黒くなり、驚く。	グループ個別に進捗状況を見てまわる。	実験 日常からの類推 既存の知識 科学的思考
自由試行 (messing)	自分のグル	<u>共通してみられる試行錯誤（結果）</u>	試行錯誤に対する有効な	観察

<p>about)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・気づき・予想 ・小仮説の設定 ・コミュニケーション ・仮説の発生と接近 	<p>ープの実験結果と他のグループの状況</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・焦げた物質を水に溶かして得られるろ液を蒸発皿（または時計皿）で加熱・乾固する（焦げを取り除こうとするが、取り除けない）。 ・ウメボシを水とともに潰して得られるろ液を、蒸発皿で焦げないように加熱して乾固させる（薄い赤色結晶が得られるが、酸味がある）。 ・ウメボシを潰さずに水の中で加熱する（塩だけを水にとけ出させたいが、ろ液は焦げる）。 ・ウメボシだけを蒸発皿に入れ加熱する（加熱してウメボシの表面に塩を析出させたいが、微量しか得られないし、酸味あり）。 ・ウメボシをドライヤーの熱風で加熱する（加熱してウメボシの表面に塩を析出させたいが、できない）。 ・ウメボシを日光に当てて放置する（加熱してウメボシの表面に塩を析出させたいが、時間内には無理）。 ・蒸発皿にウメボシのみを入れ、有機物を炭化後、水と混ぜたろ液を加熱乾固させる（加熱が不十分で炭化せず、ろ液は焦げる） 	<p><u>問いかけ・助言</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・焦げた物質は、ろ過でとりのぞけるか ・焦げた物質はなにか ・乾固したものは塩味だけか ・乾固したものを強熱してみても（焦げてしまう） ・塩だけ水に溶かそうとしているのか ・家でウメボシが塩をふいているのを見たことがあるからか ・時間がかかるかもしれないが、粘り強く頑張れ ・発想を評価する ・炭は水に溶けるか ・焦げは炭か ・容易には炭化しない ・直火で果肉を焼くことを勧める（このようなグループは成功へ導く） <p>グループによる進捗状況のばらつきを助言等により整える。</p> <p>以下のまとめをする</p> <ul style="list-style-type: none"> ・試行錯誤で起こった現象について解説 ・「有機物は燃焼すると二酸化炭素と水になる」という知識と実際の差異について知識の活用という観点から触れる。 	<p>実験</p> <p>日常体験からの類推</p> <p>既存の知識</p> <p>科学的思考</p> <p>着想の豊かさ</p> <p>日常体験からの類推</p> <p>既存の知識の活用</p> <p>状況からの類推</p> <p>根拠に基づく説明</p> <p>根拠による理解</p>
<p>仮説</p>	<p>うまくいったグループからの情報</p>	<p><u>仮説の設定</u></p> <p>「ウメボシから白色の塩の結晶を得るには、果肉を燃焼させて有機物を炭化した後、水に塩を溶かして、ろ液を加熱乾固する」</p>		
<p>検証</p>	<p>ウメボシ果肉の燃焼</p>	<p><u>仮説の検証・結果</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・炭化の条件の検討（直火焼きが有効）。 ・ろ液は無色透明の塩水である。 ・処理したウメボシの量と得られる塩の量の関係 		

(4) 探究学習として

本授業は、90分程度で終了し、そのほとんどは実験・観察活動に費やされる。授業者（支援者）が、一斉に

授業するのは導入時のみであって、それ以降はグループごとに個別で主体的な活動が展開される。授業者はそれに対応することになる。「授業の展開」に示したように初期行動から試行錯誤に至るまで、グループの主体性に任せておいても中学生から現職教員までほぼ同様な活動をすることがわかった。また、これまでの実施例のほとんどの場合、早く終わったグループの方法をまねして他のグループが早く終わろうとする行動はほとんど見られなかった。あくまで自力で目的を達成しようとする姿勢が見られた。容易に達成できそうなことが達成できないときの達成動機、執着心が、意外に大きくなることを示唆している。

本授業は、コミュニケーションという観点からも、自然で自発的なコミュニケーションが成立していた。特に理科の特長である目の前の現象や物を巡って議論が交わされる姿があった。この授業を行った事後アンケートから、反応の一例（高校生）を以下に示す。

- ・ あれこれ考えるのが面白かった
- ・ 塩ができたときの達成感がすごくあった（ほとんど助言なしでできた高校生）
- ・ 結果が出たら楽しかった
- ・ 何かを思いついたときの周りの人の反応が楽しかった
- ・ 決められたことをするのではなく自分で考えて進めていくので失敗しても納得できた
- ・ 自分たちで自由に実験ができて楽しかった
- ・ 塩を取り出すのにこんなに苦労するなんてびっくりした

IV. おわりに

開発した探究プロセスが、授業として成立し、また、教育実践として受け入れられる要素として以下の4点があると考えている。

- ・ 自然科学の専門的探究
- ・ 環境（人間とつながる身近な自然・生活にある現象やもの）を対象とした探究
- ・ 自由研究的探究
- ・ 単元に基づく探究

「ウメボシから塩を取り出す」は、「自然科学の専門的探究」以外すべてにあてはまっており、いわゆるリピーターが多い。先にあげた探究プロセス①～⑨の実践も同様にこれらの要素の多くを満たしている。しかしながら、これらの授業は、私が出張授業の形で実践しなくては実施できない状況にあり、実践という意味での波及が図れないのが現状である。教育現場にとっては確かに有用であるものの、物理的（時間的、距離的など）に限界がある営みでもある。そこで、このような状況を克服するための発想が必要となる。その一つとして、授業実践者を増殖させるための教材と人材の開発を一体化した教員養成・教員研修のあり方を検討している。本稿のテーマに掲げた探究学習の進化に向けて、**messing about** とコミュニケーションの発想をもつことは、とりもなおさずそのような意味を込めた人材と教材の一体的な開発を活性化することにつながることを強調しておきたい。

参考文献

- ・ 村上忠幸 (2009) 小学校理科を活性化するための教材・プロセスの開発. 京都教育大学教育実践紀要. 第9号 : 29-38
- ・ 村上忠幸 (2007) 理科・化学の探究学習を実現するために必要なこと—今、私たちの探究はどこにあるのか—. 化学と教育 55(7) : 324-327
- ・ 村上忠幸(2006)理科教師の新しい授業力のすがた—高校理科におけるコーディネーター力とは—. 理科の教育 55(7) : 14-15
- ・ 村上忠幸 (2005) 理科・化学の探究学習を実現するために必要なこと. 化学と教育 53(1) : 28-31
- ・ 村上忠幸 (2005) 前仮説段階を考慮した探究プロセスと教材の開発. 京都教育大学教育実践紀要 5号 : 69-78
- ・ 江田稔(2004) 「生きる力」を育てる探究活動, 化学と教育 52号9巻 : 616-619