

## 知的パフォーマンスとしての探究学習

村上忠幸

(京都教育大学教育学部)

Significance of Intelligent Performance on Investigation Learning in Science Education

Tadayuki Murakami

2011年11月30日受理

**抄録**：探究学習の新たな展開として、探究活動における真正性という概念を構築する必要がある。そのために探究学習を知的パフォーマンスとして捉え、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、特に支援について議論する。

**キーワード**：探究学習、教員養成、教員研修、messing about、コミュニケーション、知的パフォーマンス

### I. はじめに

私たちが、2003年から本格的に取り組んできた探究学習の実現に向けた研究の過程を科学研究費のテーマでなぞってみると「興味・関心の高まりを意図した探究モデルの構築と教材・プロセスの開発」(2003, 2004年科学研究費(基盤研究C))(村上, 2005a)、「興味・関心に基づく理科の探究学習を実現するための教員養成・教員研修に関する研究」(2005, 2006, 同)(村上, 2007)「日本型探究学習の概念構築とその実現に向けた教員養成・教員研修に関する研究」(2007, 2008年, 同)「日本の探究学習が進化するために必要な方略に関する研究」(2009~2011年, 同)となる。これだけを見ても、私たちなりに探究学習への認識と実践が進化していることを自己評価できる。数年前には手探りの状況にあった日本的な探究学習のすがたについても、そのつど経験主義的に確かにしたことがあることもわかる。それらを概観すると、「興味・関心に基づく探究学習の概念構築と実践的モデルの提案」－「探究学習の実現へ向けた課題の教員養成・教員研修への焦点化」－「日本型探究学習という概念構築と“こだわりと弱点”への焦点化」－そして、近年「探究学習における“messing about(自由試行)”(Hawkins, 1965)と“コミュニケーション”という発想の提案」に至っている。現在、日本における探究学習の新たな展開として、messing about とコミュニケーションを強調した探究プロセスの開発および実践を通じて、このような探究学習の特質は「知的パフォーマンス」の向上にあることに着目し、新たな展開を企図している。

現在のところ私たちは、探究学習における学習者を媒介にしてなされる表現を「知的パフォーマンス」と呼ぶことにしている。探究学習(探究プロセス)において学習者(活動者)の行動は状況に応じて様々な思考・行動をとる。そのとき、自分が何を探しているのかわからない時に、自分がいるものを探し当てる状況が生じる。そのような過程を(探究的に)生き抜く能力を、知的パフォーマンスを支えるものとして位置付ける。

あらかじめ準備されたリストのようなものから自分に必要なものを探すことは、いたって容易であるが、自分が何を必要としているのかわからない時に、役に立つものを見出すことは、本質的な自己の変容が起こったことを意味する。このような探究として真正性の高い様態(知的パフォーマンスが高い状態)を学習の中で、個人の表現として可視化することを意図して、すなわち本来的な探究学習のすがたについてその実践を通じて議論したい。

## Ⅱ. 知的パフォーマンスとしての探究学習の発想

### (1) 探究学習と教育課程

現行指導要領(小・中 2008 年、高 2009 年)には従来の改訂に際してみられた大きな振れはなく、前教育課程(1999 年)からの正常進化となっている。これは、日本の教育における経験主義、系統主義という従来の枠組みに対して第三極ともいえるリテラシーの枠組みが入ってきたからだといわれている。また、2002 年から実施された前教育課程は、2003、2006、2009 年の PISA によるリテラシー調査の結果に絶えず動揺させられる形となった。周知の通り、前教育課程は一気に理想主義的な教育理念を打ち出した。それは、総合学習の導入、教育内容の精選、探究学習の本格化などに託された新しい教育への挑戦でもあった。しかしながら、いわゆる学力論争の激しい議論のまえに、これらの挑戦はあえなく消沈する経過をたどった。本来であれば新教育課程は、リテラシーを強調したそれとして、正常進化をたどって総合学習、内容の精選、探究学習の充実を図るはずであった。しかしながら、教科書や大学入試(センター試験)の形が明らかになるにつれ、それらのすがたも見えなくなってしまった。

以下に現行教育課程で本来問われる教育のすがたについて、改めて考えてみたい。

### (2) 日本の探究学習の課題として

日本の先生方に望ましい授業のすがたを聞くと、ほとんどすべての人が「児童・生徒が興味・関心を持って主体的に考える探究的な授業をしたい」というようなことを答えられる。また、教育実習、研究会等で示される学習指導案にも必ずこのような要素(興味・関心、主体的、考える、探究的等)が散りばめられている。理科教育関係の論文の多くもこのようなスタンスで書かれている。かくゆう私も、数年前までは何の疑いもなく、まるで枕詞のように(深く考えることもなく)、このような表現(要素)を用いてきた。しかし、あまりに氾濫するこの“美辞麗句”に違和感をもちはじめ、本学および他大学(非常勤集中授業担当)の大学生に問いかけてみた。すると以下のようなことが分かった。

- ・自分たちはそのような授業をほとんど経験していない。
- ・経験していないばかりか、多くの授業はいわゆる教え込み型であった。
- ・そのような授業を受けていないが、必要であると感じる。
- ・自分たちにはそのような授業ができないかもしれない(教育実習等の授業実践を通じて)。
- ・そのような授業に魅力的な授業の成立が期待できる。

大学生たちの意見によると、そのような授業は経験していないが、自分たちの学校経験からアンチテーゼとして、あるいは願いとしてそのような授業を求めているようである。

はたして、このような感覚は大学生などの若者だけのものであろうか。私は、日本の教育全体に共有されている(蔓延している)認識ではないかと考えている。なぜなら、状況証拠としてこのような日本の教育観がうみだされる実態を多く見ているからである。ただ、この状況を放置しておくことは、日本の教育が進化していく具体的な根拠を見出すことさえ放棄することになるのである。

### (3) 探究学習の真正性という発想

前教育課程では、探究学習が大きく強調され、一定の成果があったと評価できるのではないだろうか。それは、ここ 10 年間の理科を取り巻く教育環境の変化を見ても明らかである。それ以前(2000 年頃以前)には想像できなかった実態が多く見られる。その代表的な事例を以下にあげる。

- ・探究的な授業アプローチの研究と実践が多く見られるようになったこと
- ・小・中・高と大学との連携授業によって授業に対するイメージが多様化してきたこと

- ・SSH、SPP 等による予算措置によって、長期の探究活動を多くの生徒が経験するようになったこと
- ・総合学習による教科学習のリテラシー化の認識が育まれたこと

一方、このような事例の中で同時に進行したのが、新しい教育の有効性への不信感である。これらの教育は共通して体験的であり、従来の授業に対して児童・生徒中心であるため「学力がついているのか不安である」との意見が多く聞かれるようになった。私は、このような意見の多くは本来的に、新しい教育を効果的に実現できない認識だと思っているが、それを言ってもはじまらない。なぜなら、これらの教育は、体験的ではあるが、指導者（支援者）である人たちにはそのような経験がないまま「こんなものだろう」というリアリティのないスタンスで教育がなされているからである。いわば新しい教育について、誰も経験していないところに大きな願いだけがあるといっても過言ではないのである。

ただ、幸いにして我々は、この 10 年間で多くの経験を積んできた。これらは全く無駄ではなく、あたらしいシーンへ、どうしても通らなければならぬいわゆる試行的な段階であったように思う。また、この 10 年間、それ以前から潜在的にエネルギーを蓄えていた人々が多くのすぐれた実践・研究を残してくれたことも見逃せない。すなわち、願いが具体的な形になる萌芽が表出しはじめたのである。

教科書にしても授業にしても、先にあげた要素（興味・関心、主体的、考える、探究的等）を最重要なものとして取り込まれていることは、認めるとして、果たしてそれらが本物として機能しているかということが、ここまでの私の議論として問いたいことである。要するに“真正性”という発想がこれまでであったかということである。

#### (4) 知的パフォーマンスとしての探究学習

探究学習が真正性のあるものとして成立することは、すなわち、それが高いレベルの「知的パフォーマンス」として成立することになる。知的パフォーマンスの私たちの意図するところはすでに本稿の冒頭で述べた。このような様態（知的パフォーマンスが高い状態）を学習の中で、特に探究学習の真正性として以下のように位置付けることが望ましいと考えている。

- ・探究学習において学習者を媒介にして成される表現を知的パフォーマンスとする
- ・自分が何を探しているのか分からない時に、自分がいるものを探し当てる状況に注目したもの（「真正探求過程」とする）
- ・「真正探求過程」を生き抜く能力が知的パフォーマンスを支える
- ・「真正探求過程」では本質的な自己変容がおこる

また、知的パフォーマンスの高いときに見られる様態としては、以下に示すものがあると考えられる。

- ・自由試行が広汎に成立
- ・円滑な二人称コミュニケーション
- ・自分の内なる課題の発生
- ・自分の知らなかった自分の物語を自己発見
- ・遊び、不思議、楽しむなどの日常性の充実
- ・のめり込む、本気になる、あせらない
- ・意欲の継続と発展
- ・変容の気配の自己認識

#### (5) 真正性という概念の構築に向けての課題

真正性とは、探究過程における不思議・疑問などの課題を解明するときのリアリティ、本物性ともいえるものである。私たちにとっても日本の教育にとっても、この10年、学習指導要領で謳われた（「生きる力」「総合的な学習の時間」等による）興味・関心に基づく探究学習の実現に向けた流れのなかで、探究的实践は着実に広がりを見せた。ただ、それらの多くが探究過程を概括的・固定的になぞるばかりで、児童・生徒の主体的な思考に依拠した探求が実現されているかは疑問である。すなわち、今なお克服しなくてはならない課題が、真正性を巡るかたちで依然として存在しており、それらは大きく以下の4点となる。

- ① 「科学的疑問の認識」を支える自然・生活に対する「興味・関心の喚起が真正になされているか」という現実的な状況の把握と認識ができていないか。また、「現象を科学的に説明すること」を支える「科学的な認識が知的に成立しているか」という認識ができていないか。
- ② 総じて、探究学習の真正性（本物性、リアリティ）と児童・生徒の変容の関係性に対する認識はあるか。
- ③ 探究学習を教育（授業）として成立させる方略について、真正性を実現する観点からの教員の資質・能力の涵養はされようとしているか。
- ④ 探究学習における以上の観点（特に真正性に着目して）にたった授業の評価（授業プロセスおよび児童・生徒の学習）の研究が行われているか。

これらを克服していく鍵を握るのは、仮説の前段階（前仮説段階）（村上、2005b, c）における *messing about* とコミュニケーションの考慮にあると考えている。

#### (6) 前仮説段階に必要な *messing about* とコミュニケーション

一般に科学的な探究プロセスの多くは、仮説以降の「検証－結果－考察」の各段階の流れとして認識されている。したがって、科学的な探究の経験のある者は、探究プロセスの仮説以前に着目することはあまりない。しかしながら、科学を単に社会を支える学問としてではなく、人間の本来的な要求である、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いう認識にたてば、市民一人一人が関わり、作り出すという図式を想定するべきであり、理科教育における探究学習もその立脚点に立つ必要がある。このような探究学習の、特に前仮説段階において *messing about* とコミュニケーションを意図することで高い知的パフォーマンスが実現され、それを支える能力の涵養があると見られる。

また、探究プロセスの前仮説段階における健全なコミュニケーションの成立が、知的パフォーマンスの高まりに有効である。探究学習におけるコミュニケーションの有効性として以下があげられる（村上、2010）。

- ・他者の多様性の認識→ 自分と他者の相違に気付く
- ・自分の心理的なスペースの拡大→ 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

特に「他者の多様性の認識」の高まりを意図してマルチプル・インテリジェンスMI（リヒテルズ、2006）の手法を用いて自己および他者の個性の認識を促し、効果を上げている。このようなコミュニケーションでは、「一人称→二人称→三人称」の展開を意識的に取り入れ、知的パフォーマンスに関わる能力の向上を図っている。

探究学習の真正性の議論は、まだ、これから本格的にはじまっていくものである。そのためには、現行教育課程における探究学習の新たな展開として、*messing about* とコミュニケーションを強調した探究プロセスの開発および実践を展開し、その有用性を検討する必要がある。

### Ⅲ. 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

探究学習の実現に向けて、探究の真正性を実感できる体験が必要となる。探究的な授業では根本（根本、2000）が端的に表現している「観念の直感的把握とそれを試す機会をもたせる必要性、あるいは日常生活において、鋭い推察とか、創造性豊かな仮説、暫定的な結論にたちむかう新しい飛躍した視点のような探究の性格」が満たされる探究過程が求められる。私たちは、経験主義的に有効なアプローチを具現化するため、2003年から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。このような探究過程の開発は、基本的に自由研究の発想に基づく探究を先行して実施し、それを反映させた授業をデザインしている（村上、2010）。ここには（表1）、2011年に実践した授業を示した。中でも、実施頻度の高い①、②、④、⑧は完成度が高く、教育効果は安定している。本稿で紹介する①「紙と水糊の不思議を探る」は、上記のような趣旨の探究学習の中で、最も初期に開発したもので、実施回数も多く、短時間で体験できるというメリットがある。いわゆる「探究学習の義務教育」と位置付けており、大学授業、教員研修においてこの体験をもとにして探究過程における前仮説段階、messing about、コミュニケーションの自然な生成を実感するようにデザインされている。

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（2011年、回）
①紙と水糊の不思議を探る（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3、大学授業5、高校2
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2、大学授業1、高校6
③ジュースとストローの不思議を探る（2003）	ストローにジュースを入れふたをすると先端にジュースが捕まる現象を解明する。2時間	小学校3年以上	大学授業1
④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	大学授業1
⑤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2、高校1、中学校1、小学校46、幼稚園1、老人ホーム1
⑥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2
⑧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2、大学授業3、高校5
⑨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	大学授業2

⑩紙コップの不思議を探る (2010)	紙コップにお湯を入れ、置くと、底面にくもりが生じる原因を探る。1.5時間。	中学生以上	高校2、大学2
⑪ローソクの科学 (2011)	ローソクづくり、ローソクの燃焼の不思議など 1.5時間	中学生以上	大学3、中学校1

## 2. 授業の概要—紙と水糊の不思議を探る

### (1) 開発の経緯

本探究学習も自由研究を背景としている。私たちは自由研究の題材として、日常生活の中から不思議・疑問を見いだすことに重きを置いている。これは科学的な事象につながる不思議・疑問とは一線を画している(戸田、2011)。この発想は、本稿の主題でもある知的パフォーマンスを高めるために、近年着目しているアプローチである。すなわち、日常生活の中で自分が何を探しているのかわからない時に、自分がいるものを自由研究のテーマとして探し当てる状況が生じる。そのような過程を実現する能力を、自由研究として成立させたいからである。

したがって、すでにある(科学的な事象のような)あらかじめ準備されたリストのようなものから自分に必要なものを探すことは、できるだけ避けたい。自分が何を必要としているかわからない時に、日常生活から意味のある事物を見出すことは、本質的な自己の変容が起こったことになる。まさにこれこそが、自由研究が一般的な科学的な研究と異なる点である。以下に私の体験的なエピソードを述べる。

本探究学習に関わる自由研究は、隣人の中学生(女子)の夏休みの課題として2002年に支援したものである。テーマの「水糊のしわ」についてはすでに私の「不思議リスト」にあったものだったので、彼女に提案したところ「面白い」とすんなりと受け入れられた。さて、研究をはじめたのはいいが、何から手を付けていいものか、正直なところ見通しは何もなかった。とりあえず、彼女に身近な10種類程度の紙を短冊にして、それに水糊とスティック糊を塗って持参するように指示した。数日後、彼女は画用紙に新聞紙、コピー用紙など約10種類の短冊を貼り付けたものを持参した。短冊には水糊とスティック糊の塗り跡があった。彼女は、その短冊を見た私がすぐに次の指示を出すものとばかり思っていたようである。しかしながら私はそれを見ても、すぐには何も分からなかった。答えが期待される中で、あのとときの焦る気持ちは今でもはっきりと思い出せるほどである。そして、30分ほどながめた後、私は「はっ」とひらめいた。短冊にはしわのあるものもないものがあることに気付き、画用紙から短冊をはがして引き裂いてみた。しわのつき方は見事に紙の繊維の方向と関係があった。一瞬にして見通しがたった達成感のようなものを感じた。そして、「自分もまんざら捨てたものではない」と、素直に嬉しかった。このようにしてはじまった中学生との協働による自由研究は、ほぼそのままの相似形で探究学習へと姿を変えた。そして、開発初期の授業デザイン、実践的な改良を経て、以下に示すような今日の形となった。まさに、自らの知的パフォーマンスによって作り上げた感のある探究学習である。

### (2) 授業の準備

準備①：A4コピー用紙(1班あたり20枚程度)、水糊(1人1本、液状糊(例：アラビックヤマト))

スティック糊(1班2本)、はさみ、定規(30cm)、(以上は、班に1式)

準備②：ろ紙、和紙、新聞紙(1班数枚)、スプレー(水を入れておく、1班1本)、水を入れる容器(300mL程度、1班1個)

準備③：紙幣(1000円札(2枚)、外国の紙幣(1種当たり2枚))

(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
<p><u>場の設定</u> (課題に接近する)</p>	<p>水糊。スティック糊を提示</p>	<p>1班2-4人構成</p> <p>問いかけに対して挙手する(水糊派は10%程度)。</p>	<p>クラス全体に「皆さんは、水糊派、スティック糊派のどちらですか。手をあげてください」と問う。</p> <p>数名に水糊、スティック糊を好んで使う理由を問う。</p>	<p>・不思議・疑問の認識</p>
<p><u>生活体験の共有</u></p>	<p>現象の想起</p>	<p>・スティック糊派 「塗りやすい」「べとつかない」「紙がシワシワにならない」等</p> <p>・水糊派 「粘着力が強い」「使い慣れている」等</p> <p>実験を開始する</p>	<p>「水糊で紙がしわしわになる現象は不思議ではないですか」</p> <p>しばらくおいて、<u>探究の目的を示す</u>。「本日のテーマは、なぜ水糊で紙はしわしわになるかです」そして「はい、はじめて」</p>	
<p><u>自由試行</u> ・気づき ・予想 ・コミュニケーション</p>	<p><u>自由に使用できる準備</u> 物①：A4 コピー用紙、水糊、スティック糊、はさみ、定規</p>	<p><u>共通してみられる行動</u></p> <p>・水糊、スティック糊をコピー用紙上に塗り広げる</p> <p>・水糊(またはスティック糊)で生じるしわしわを観察する</p> <p>・紙どうしを接着する</p> <p><u>手がかりとなる観察・実験①</u></p> <p>水糊を紙の横方向(短い辺)に塗ったときはシワシワができるが、縦方向(長い辺)ではできない。</p>	<p>班別に進捗状況を見てまわり、支援する。</p> <p><u>有効な問いかけ・助言①</u></p> <p>・糊を塗った紙面上のしわをよく観察するように促す</p> <p>・縦横のしわのでき方に注目するように促す</p> <p><u>全体へのヒント(I)</u></p> <p>・紙に水糊をT字型に塗り全体に提示して、「水糊を紙の横方向(短い辺)に塗ったときはシワシワができるが、縦方向(長い辺)ではできない」ことを示す(それ以上は言及しない)</p> <p>・「水糊の成分の何が関係していますか」</p>	<p>・観察</p> <p>・要素探索</p> <p>・不思議・疑問の認識</p> <p>・観察</p> <p>・要素探索</p> <p>・不思議・疑問の認識</p>

<p><u>自由試行</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・気づき・予想</li> <li>・小説の設定</li> <li>・コミュニケーション</li> </ul>	<p><u>自由に使用</u></p> <p><u>できる準備物②</u>：ろ紙、和紙、新聞紙、スプレ一、容器</p>	<p><u>手がかりとなる観察・実験②</u></p> <p>紙の繊維の方向によって、しわのできる方向とできない方向があることを、様々な紙で比較する。ろ紙、和紙はしわができにくい。また、水で水糊と同様な現象がこることに気づき、試してみる。</p>	<p><u>有効な問いかけ・助言②</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コピー用紙以外でも繊維の方向によってしわのでき方が違うか。様々な紙で調べてみるよう促す</li> <li>・「水糊の成分の何がしわの原因となるか」</li> <li>・水で水糊と同様なことが起こるか、試すように促す</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・比較</li> <li>・要素の抽出</li> <li>・要素間の関係の探索</li> </ul>
<p><u>仮説の生成</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コミュニケーション</li> </ul>		<p><u>手がかりとなる観察・実験③</u></p> <p>水にぬれた紙が変化することに気付く。水にぬれた部分が、伸びるか縮むか予想する。</p>	<p><u>有効な問いかけ・助言③</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水で実験するように促す</li> <li>・「水糊や水をぬってしわができる部分は、どのような変化が起きているか」</li> </ul> <p><u>全体へのヒント(Ⅱ)</u></p> <p>10cm四方の紙片を提示し、その場でその全体を水にぬらしてしわができないことを全体に示す（同時に、個々までの共通した試行とわかったことを手短にまとめる）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・比較</li> <li>・要素間の関係の検索</li> </ul>
<p><u>仮説・検証</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コミュニケーション</li> </ul>		<p><u>手がかりとなる観察・実験④</u></p> <p>水を含んで繊維の方向に垂直に紙が伸びることに気づく。そのことについて、水にぬれたコピー用紙と新のものの縦横の長さを比較する。さらに、他の紙でも同様のことをする。さらに膨張率を求める。</p>	<p><u>有効な問いかけ・助言④</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・(実験机上に) 全体をぬらしたコピー用紙を広げ、その縦横を新のものと比較するように促す <u>(検証)</u></li> <li>・新聞紙は床面で同様のことをするように促す</li> <li>・その他の紙についても同様なことをするように促す</li> <li>・紙の種類による膨張率を求めるように促す</li> </ul> <p><u>まとめ</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水糊で紙がしわしわになる理由 (解説①)</li> <li>・紙の繊維に繊維の方向ある理由 (解説②)</li> <li>・繊維の方向を見分ける (解説③)</li> <li>・紙幣を水でぬらして繊維の方向を調べる (解説④)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・比較</li> <li>・要素の関係</li> <li>・条件制御</li> <li>・定量化</li> </ul>
	<p><u>演示実験の準備物③</u>：紙幣</p>			<ul style="list-style-type: none"> <li>・類推</li> <li>・根拠に基づく説明</li> <li>・根拠に基づく理解</li> </ul>



解説①：紙は水にぬれることによって、紙の繊維（コピー用紙では縦（長い辺）に平行に繊維の方向がある）の間に水が保持され膨潤する。したがって、繊維方向に対して垂直方向に膨張して伸びる。繊維方向（コピー用紙では縦方向）は植物繊維のセルロースが互いに絡まって長い繊維となり、長さはほとんど変化しない。このような変化を起こしているのは、水糊の成分である水である。

紙の伸び率は、新聞紙が約3～5%、コピー用紙で2～3%であった（授業時の測定値の傾向からの概数）。

解説②：紙の製造法に由来して繊維の方向ができています。木材を物理的・化学的に処理してえられたパルプ（木質の繊維質）は懸濁液にされ、動くベルトコンベア上にシャワー状に滴下され河川流のように流される。このときパルプの繊維が一定方向に整列するため、いわゆる繊維の方向ができる。なお、ろ紙や和紙は、紙を漉いて作成しているので、繊維の方向がなくバラバラであるため、水を含んでも一定の方向に伸びにくいようである。

解説③：繊維の方向を確認する簡便な方法は、紙を裂いてみるとよい。顕微鏡による観察では、繊維は見えるが、一定方向の整列状態を確認することは困難である。

解説④：紙幣を水でぬらして、新の紙幣と比較すると縦横の伸びが観察でき、繊維の方向が推定できる。日本の紙幣の繊維方向は、いずれも縦（短い辺）に平行である。外国の紙幣、ドル、ユーロなどは横に平行であった。

#### (4) 探究学習として

本授業は、60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「導入時の課題設定」、「探究途中のヒントを出すとき」、「まとめの解説」の合わせて10分程度である。それ以外は班ごとに個別で主体的な活動が展開される。「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、班の主体性に任せておいても中学生から現職教員まではほぼ同様な活動をすることがわかった。この探究学習は途中、少なくとも2回のヒントによって全体の流れを整理するだけで、検証実験への到達が促される。また、これまでの実施例のほとんどの場合、探究の進捗状況には多少の差異はあるものの、早く終わった班は発展の課題（仮説・検証における「様々な紙の比較」と「定量化」）に挑戦した。また、この探究学習の体験後、大学授業や教員研修で次のような省察を実践している。

#### 省察1「仮説とはなにか」

本探究学習を終了した後、「この探究の仮説は何ですか？」と問いかけ、班で議論した後、板書等で発表してもらう。本学はもとより他大学の理工系学生や小・中・高の現職理科教員にとって、このような問いかけは今までされたことがないようで、多くの場合戸惑いを隠せない。そして、仮説として適切な命題が示されるケースは総じて半分弱程度である。本探究は、「授業の展開」に示したように仮説と検証が一体となって、仮説が潜在化している。授業としての探究学習では、このように仮説が顕在化せずに検証されることが珍しくない。ただ、顕在化しなくても探究過程が「仮説—検証—結論」というものであることを了解していれば、自分たちの行った状況を当てはめてみる作業は容易にできる。ただ、探究過程には不思議、疑問、予想、作業仮説（小仮説）などの仮説に類似した擬似的命題がいくつも存在しており、適切な仮説を見いだす視点を複雑化させる。その様な擬似的命題が仮説としてあがってくる場合も多くあり、仮説を見いだすことは意外と難しいことがわかる。

本探究過程における仮説は、仮説が検証を経て結論になるという関係性から、適切な仮説と結論は同じ姿をしていると見てよいだろう。もちろん、これは本探究のように検証そのものが概括的に行われている場合の仮説、検証、結論という特質を捉える作業として成立している。その意味で、本探究の結論は次の3要素で成立している。

- ・水糊の成分である水が紙の変化（膨張）に関係している。

- ・紙は繊維でできていて、その方向がある。
- ・紙は水によって繊維方向と垂直な方向に膨張する（伸びる）。

したがって、仮説もこの3要素から成立しており、授業展開で示した検証実験はこれら全てについて根拠を示していることになる。学習者は探究をしているとき、このようなことを明示的に意識してやっているわけではない。その意味で、まさに無意識的な認識による変容を伴う探究が成立したことになる。すなわち、潜在化している直観と理性の両者に何かが働きかけ、戦略が生まれたのである。これこそまさしく知的パフォーマンスである。

#### 省察2「前仮説段階とはなにか」

本探究の時間経過における仮説の位置は、全体を60分とすると、約40分経過後に仮説の生成がみられる。すなわちはじめの3分の2にあたる40分は、試行錯誤をしていることになる。この授業を中・高で観察された先生の中には、従来の授業の発想に照らして、前半40分は不要であると言われることが少なくない。つまり仮説を示してからその確認実験をすれば事足りるというのである。ここで私は、はじめの40分に当たる段階を前仮説段階（村上、2005b,c）として提案している。本探究を学習者として体験した学生、教員はその意義、つまり試行錯誤によって「考える」ことが「仮説－検証－結論」を形式的ではなく、真正性のある探求として成立させることが実感できると述懐する。知的パフォーマンスの高い様態として、特に前仮説段階において単純にパターン化されない活動が成立することが示唆できる。

## IV. おわりに

探究学習における「支援する能力」の課題は、教員養成・教員研修の大きな課題となる。ただ、このことに対する課題意識は、一般的には低い状況にある。というのも日本の状況には、この問題を深刻にうけとめるだけの実態がないというように推察される。概括的に言うならば、探究学習における真正性の概念が欠如しているのである。この議論は、先に示したような課題意識のもとに今後、本探究学習のような体験をもとにこれからさらに議論を深めていく必要がある。

#### 参考文献

- ・Hawkins, D. (1965) Messing About in Science. Science and Children, Feb:pp. 5-9
- ・リヒテルズ直子(2006)オランダの個別教育はなぜ成功したのか. 平凡社: 全238p
- ・村上忠幸(2005a)興味・関心の高まりを意図した探究過程モデルの構築と教材・プロセスの開発. 文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(C))研究成果報告書[代表:村上忠幸]課題番号:15500586: 全172頁
- ・村上忠幸(2005b)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(2005c)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研究紀要 5号:69-78
- ・村上忠幸(2007)興味・関心に基づく理科の探究学習を実現するための教員養成・教員研修に関する研究. 文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(C))研究成果報告書[代表:村上忠幸]課題番号:17500586: 全167頁
- ・村上忠幸(2010)理科の探究学習の新展開-messing about とコミュニケーション-. 京都教育大学附属教育実践総合センター教育実践研究紀要、第10号、91-100
- ・根本和成(2000)理科教育における探究学習の再検討. 千葉大学教育学部研究紀要Ⅲ自然科学編 48: 45-54
- ・戸田啓(2011)身のまわりにある不思議からはじまる自由研究に関する研究-探究におけるコミュニケーションのあり方を探る-. 平成22年度京都教育大学教育学研究科理科教育専修修士論文