

〈令和2年度第43回ペスタロッヂ祭最終講義〉  
(令和3年3月5日)

## 理科授業研究への足場かけと足場はずし

—— 評価・支援・動機づけの観点から ——

片 平 克 弘

〈令和2年度第43回ベスタロッヂ祭最終講義〉

〈令和3年3月5日〉

## 理科授業研究への足場かけと足場はずし

—— 評価・支援・動機づけの観点から ——

片平克弘

### 1. はじめに

本日は、ベスタロッヂ祭での最終講義を開いていただき、ありがとうございます。

大学の教員となり、あっという間に多くの時間が過ぎ、3月には定年を迎えることになりました。ここでは、私が、これまで何を考えて理科授業研究をやってきたのかを振り返り、今後の授業研究のあり方を考えていきたいと思います。

さて、昨年（2020年）8月、人間系学系棟A棟の教員は、改修工事のために平砂学生宿舎へ研究室の引っ越しを行いました。現在、私は9号棟231号室にいます。<sup>(1)</sup>ところで、私は、筑波大の2期生なのですが、入学した時に入居したのが9号棟101号室でした。46年後の今、再び平砂学生宿舎の9号棟に引っ越してきたことについて、何らかの巡り合わせを感じています。そして3月には、ここを退去することになります。

### 2. 勤務した大学・研究機関

本題に入る前に、簡単に私の勤務先を振り返りたいと思います。<sup>(2)</sup>先ほどご紹介いただいた濱田先生とご一緒した鳴門教育大は、皆さんご存じの通り、渦潮が綺麗な徳島県にある大学です。平成元年4月から平成5年3月まで勤務しました。平成5年4月には、千葉県幕張にある放送教育開発センターに異動しました。このセンターは、放送大学の大学設置準備室だったのですが、放送大学が開学した後に、文科省の高等教育局直轄の大学共同利用機関になりました

た。普通、開学した時点で大学設置準備室はなくなるのですが、NHK並みのスタジオが3つもあり、無くすわけにいかなかったので、大学共同利用機関となりました。3年間勤め、教師教育用映像教材の制作に携わりました。この放送教育開発センターは、民主党の仕分けによってなくなってしまい、すべて放送大学に吸収されました。埼玉大に異動した後の出来事でしたが、私にとっては悲しい事件でした。

平成7年7月には埼玉大に赴任し、その後13年間、教育学部に籍を置きました。当時の教育学部の定員は470名で、学部全体では1880名の学生が在籍していました。教育学部の学生数の多さは多分千葉大と埼玉大が双璧でした。たとえば、初等理科教育法は年間8コマも用意され、前期4コマ、後期4コマに分かれていました。私は、初等理科教育法や中等理科教育法など、沢山の教職科目を担当しました。

平成20年10月には、筑波大に異動してきました。今、スライドで写している写真は附属小学校長の時のものです。この写真は大学本部棟へ行く時に使う橋の上で撮ったものです。黄色一色の銀杏の木を背景に、ポケットに手を入れたり、手すりに片手を乗せたりしたポーズは、広報誌「ツクコム」のプロのカメラマンの指示でした。<sup>(3)</sup>

さて、昨年8月の研究室の引っ越しでは、いろいろな昔の品が出てきました。講演に入る前に、数枚の貴重な写真をお見せしたいと思います。この写真は、博士課程教育学研究科の研究科案内だったと思うのですが、周囲に木が1本も生えていない人間系学系棟が表紙に使われています。<sup>(4)</sup>次は、上空から大学を写した写真を

---

筑波大学 特命教授

載せた昭和50年度の学生募集要項です。この写真からは、いかに筑波には何もなかったかが分かります。最後の写真は、大学の建物が増えた様子が分かる航空写真です。これは教育研究科の研究科案内です。以上、筑波大の昔の様子をご存じない方も沢山いると思いましたのでご紹介しました。

### 3. 博士論文研究の基底

本日は「私の理科授業研究：科学概念形成を目指した児童生徒のミスコンセプションの再構成—粒子理論の教授学習過程を事例に—」<sup>(5)</sup>というタイトルで、最終講義をさせていただくわけですが、多くの授業研究を行う中で、「児童生徒」「教師」「研究者」の3者の関係<sup>(6)</sup>に関して、私が考え続けてきたことをお話ししたいと思います。

私の博士論文は、児童生徒の粒子概念の形成に関する論文です。【註1】授業の中に持ち込まれる子供たちの素朴な見方や考え方（以下、ミスコンセプション）を理科の授業の中で、どのようにして科学概念に変容させていくかを理論的かつ実践的に探った論文です。具体的実践では、指導案を作り、埼玉県内の中学校1年生の2クラスで、11時間の授業を行いました。この授業を通して、どれくらいの子供が概念変容（Conceptual Change）したのかを調査し、それを理論的に分析しました。

さて、大学院時代の研究テーマに関してですが、修士課程教育研究科では、入学前に高校化学の教師をしていたので、生徒のつまずきが顕著な「モル概念」について研究し、修士論文としてまとめました。引き続いて入学した5年一貫の博士課程では、教育学研究として「モル概念」を発展させていくのは難しいと判断し、「モル概念」の根底に係る「粒子概念」の研究に移りました。なお、博士課程には3年生までおりました。

教育学研究科に入った1年目、私は、まず、子供の粒子観がどういうもので、物質の連続体としての認識がいつ粒子的な認識に変わっていくのかを探ろうとしました。物質は粒子からで

きているのではなく、連続体からできているという認識はごく普通の認識です。それが、「粒子からできている」とか、さらには、「原子や分子からできている」と考え始めるのはいつかを探りました。この粒子観は、抽象的な考え方や推論ができて初めて生まれる見方ですので、子供にとっては難しいと思います。

調査に用いる材料に関しては、発達段階が異なる子供たちの粒子観を、何を使ったら探れるかを考えながら準備しました。まず、小学生に対しては、実際の現象を見せながら（1）湯気を粒子的にとらえられるかどうか（2）溶かした食塩が透明になった水溶液を粒子的にとらえられるかどうか、さらには（3）ドライアイスを入れた袋に入れて、どんどん気化して膨らんでいく様子を見て、粒子的にとらえられるかどうかを探りました。その時に、子供たちが描いた絵が、今、お見せしているスライドです。<sup>(7)</sup>

子供たちに絵を描かせるという絵を描きます。小学校1年生でも、塩が溶ける様子を描かせることで「てんてん」と粒で描きます。湯気を描かせることで、見た目通り白く塗りつぶします。しかし、6年生くらいになると、「てん」や「まる」などを使い分けて描くようになります。粒子的な見方や捉え方は、やはり発達に関わって変化しているようです。たとえば、ビニール袋に入れたドライアイスの昇華の様子の描画では1年生と6年生では極端に違っています。1年生はビニール袋の外枠を描くだけなのですが、6年生になると透明に見える部分と、その透明な部分がもし見えたと仮定して描くようになります。この粒子認識の発達の過程を理論面から考察し、博士課程の中間論文としてまとめました。

ところで、調査の中では、粒子的に見えるか見えないかをストレートに聞くことはないので、5年生や6年生のあたりに「連続的な見方」と「粒子的な見方」の境があることが分かりました。<sup>(8)</sup> 既にお話ししたように食塩の溶解の様子に関しては、1年生でも「てん」で描きます。しかし、それは個体の食塩の外見の影響を受けているからです。一方、1年生では湯気

やドライアイスの昇華の現象を粒子的に描く児童はいませんでした。

その後、中学生に行った調査では、炭（炭素）を完全燃焼させ、何も無くなったフラスコの様子を描かせると、ほとんどの生徒は、反応で生じた二酸化炭素を「まる」で描いたり「てん」で描いたりしていました。もちろん、現象を観察した影響を受け、「もやもや」を描く生徒もいます。<sup>(9)</sup> さらに、炭素、二酸化炭素、酸素を色分けし描く生徒も出てきました。

これは余談ですが、教育研究科時代の調査結果やデータはすべて白黒でしたが、教育学研究科になると調査結果やデータは大半がカラーになりました。色の使い方には発達段階が反映されるので、色のついた絵を描かせることにより、子供たちの細かな認識の違いが現れてきました。このエビデンスを出せと言われると、なかなか適切なものを出せないのですが、描かれた絵からは、子供たちの観察力の差を読み取ることができました。また、子供たちが理解しながら取り組んでいる課題、あるいは、熱心に取り組んでいる課題とそうでない課題では、描かれた絵に違いが現れていました。

ところで、私は、博士課程の院生時代に、高久清吉先生の授業に出席していました。その時、理解について「構造的理解」と「全心的理解」という用語を教えていただきました。理解には2種類あって、構造が分かって全体を理解する「構造的理解」と、腑に落ちた時の納得のような「全心的理解」があると。そして、教師はその両方の違いを見極める必要があると仰っていました。実践授業の中で描かれた絵を読み解く時、この2つの理解があるということを意識しながら分析しました。

さて、話題を戻して、博士論文で扱った研究に関してです。

私の研究の中核に据えた Conceptual Change に関してはいろいろな理論があります。子供たちの事前の知識やミスコンセプションを科学的な知識へ洗練させるための理論です。私が研究を始めた頃は、子供たちにミスコンセプションに矛盾するものを見せ、彼らの考え方では説明

がつかない状況を作りだし概念を変えさせていく、あるいは、子供たちの考え方と科学理論の矛盾に焦点をあて、それに見合った実験や現象を観察させて概念を変えさせていく、という理論が主流でした。<sup>(10)</sup>

本研究は、新たな教授デザインを開発し、それに基づくミスコンセプション解消を根底に位置づけています。子供たちにミスコンセプションと矛盾した化学現象をどう見せ、それをきっかけに、どう科学概念に変えさせるかを考えました。具体的な教授シークエンスの中では、どの時点で反証を使ったら良いか、次に何を観察させたら良いかを繰り返し工夫し、それぞれの効果をどう確認するかは試行錯誤の連続でした。

ところで、私が参考にしたのは台湾の研究者の C.C. ツァイの理論です。彼が提案した教授シークエンスをスライド<sup>(11)</sup>で示しましたが、そこには、ある時点でこれをする、あれをする等々が細かく書いてありました。しかし、ツァイさんは、物理教育の研究者だったので、扱う現象は全て物理現象でした。そのため、化学現象を扱う私の研究には単純に応用することができませんでした。私は、ツァイの理論を参照しつつも、生徒にいつ矛盾を与え、ミスコンセプションが変わってきたら、それを科学概念として安定化させるためにどのような事象や現象を示したら良いかを考え、オリジナルな教授シークエンスを作り上げ、実践に臨みました。<sup>(12)</sup> 紆余曲折は沢山ありましたが、この成果を博士論文の実践例としてまとめることができました。なお、評価対象とした生徒の描いたカラーの絵は1000枚を超えてしまい、分析するのがとても大変でした。

#### 4. 「評価」研究と科学研究費

鳴門教育大には、4年間勤務したのですが、科研費は一度も取れませんでした。4年目に申請した研究がやっと採択され、異動先の放送教育開発センター（後に、メディア教育開発センターに改称）で初めて科研費を使うことができました。この時の研究テーマは、構成主義に基

づく理科の教授学習研究についてです。

さて、放送教育開発センターでは、2000万円以上の研究費を使っている研究者が沢山いたので、着任後「どんなふうな申請書を書いたら、採択されるのか」をいろいろ探りながら、繰り返し大型公募に挑戦しました。この努力が報われ、2年目、当時の「試験研究B」という枠で1500万円の研究費を貰うことができました。研究は、デスクトップビデオ（コンピュータを使った映像編集装置）を活用し、教師教育用教材のプロトタイプを作るというものでした。私は当時、高等教育用のメディア開発研究室にいましたので、良いテーマで科研費をいただいたと思いました。<sup>(13)</sup> 現在では、我々はパソコンやスマホを使って映像編集を行っています。当時は、そんなことは無理で、高価で高速なパソコンがないとできない時代でした。

ところが、科研費を貰った翌年、私は埼玉大に異動することになりました。研究協力者の先生に分担金を配ったら、埼玉大で自分が使えるお金は500万円位しかありませんでした。今日ここに集まっていたいでいる皆さんは、いろいろな方と共同研究をされていると思いますが、当時の研究代表者は、研究の推進・調整、研究費の管理に加え、最終的な報告書を冊子体としてまとめなければならず、科研費をもらうことは本当に大変なことだと痛感しました。

埼玉大に着任後、初めて自分の研究室の学生や院生をもつのですが、実験室には何もありません。自分の研究を進めるためにも、研究室の研究環境を整備するためにも、お金を集めないといけないと感じていました。埼玉大に在籍中は、科研費や学内の競争的資金をいかに取るかに専念しました。科研費に関しては、理科の教授学習をどうするかを掲げた研究をしたかったのですが、そのテーマでは、どう工夫しても新規性に乏しく科研費のゲットは難しい状況にありました。そこで埼玉大では、研究テーマをアセスメント研究にシフトしました。おかげで、埼玉大にいる間、1回だけ取れなかった年があるのですが、それ以外は何とか連続して取ることができました。また、学内の研究セン

ターの公募にも応募し、時代が求めるテーマを考え、競争的資金を繰り返し取ることができました。

さて、アセスメントについてですが、当時は、評価の中心が、エバリュエーションからアセスメントへと変わってきた時期でした。<sup>(14)</sup> 1980年代以降のアセスメント研究の中ではパフォーマンスアセスメント、ポートフォリオアセスメント、ルーブリックという言葉が沢山聞かれました。また、「学習の評価（assessment of learning）」「学習のための評価（assessment for learning）」「学習としての評価（assessment as learning）」に見られるようにアセスメントの評価スタイルも確立してきました。<sup>(15)</sup> 理科では、実験観察を行うための技能をどう評価したら良いかという観点から、顕微鏡やガスバーナーを手続きどおり使えるか、電気回路をきちんと組み立てられるか等々、パフォーマンスアセスメントは既に行われていました。ここでは「できるか・できないか」が評価の観点でした。

ところで、ポートフォリオアセスメントには鳴門教育大時代に会いました。ポートフォリオは、紙挟み、折カバン、書類入れを表す用語です。当時、我が国の教授学習研究の中ではアセスメントの対象としてのポートフォリオは根付いておらず、教育評価を研究している先生に「ポートフォリオアセスメントって何ですか？」と尋ねたら、「分からない。」と言われてしまうような状況でした。

教育におけるポートフォリオは、学習の創作物や選ばれた作品が組織化された記録物です。そこには、個人の達成度や理解度などに関する証拠が保存されています。このポートフォリオを活用した評価がポートフォリオアセスメントです。学習成果は書類綴りや作品集（行為も含む）のような形でまとめて保存され、それらが評価対象となります。加えて、評価指標としてのルーブリックも登場しました。ルーブリックは、パフォーマンスやポートフォリオを評価し、点数化するために使用される指標です。「採点のための鍵」という意味でも用いられるルーブリックは、子供の作品や行為の良さを判定す

るためのガイドラインとして使用されます。ルーブリックには、評定の段階が明確に示されており、教師にとっては「何を教えるべきか」を、子供にとっては「何を学ぶべきか」を明らかにするためのガイドラインとしての機能があります。

ところで、ルーブリックは、我が国でいう「評価基準」「評価規準」とは本質的に異なっています。その指標はグループグレーディングという手法によって作られます。具体的には、評価を担う先生が、各々対象となる学習成果や作品を評価して、その評価結果を持ち寄り、最終的に「じゃあ、この指標を使い評価して行きましょう」として、ルーブリックを確定します。このルーブリックは子供たちにも示されます。評価の基準を開示することは、我が国では行われなかったのですが、ポートフォリオアセスメントでは、子供たちに、どのような基準のもとで評価するかが告げられました。

我が国の「評価基準」「評価規準」は、文科省や研究所の偉い方々が決めて、それが教育委員会、実際の現場の先生に下りてきたものです。しかし、ルーブリックは今述べたように、根本的に出自が違うのです。ルーブリックを使用して評価する評価法は沢山あるのですが、使用する対象に対し、自分の評価のスタンスを明確にしながら、行っていくことが大切だと考えます。

さて、評価の話をもう少し先へ進めたいと思います。1950年代の行動主義から個人構成主義【註2】がスタートして、1980年代以降には社会構成主義の学習観へと展開していきました。私は、このような背景の中で研究を進めてきました。2000年代に入ると、私の科研費の申請テーマは「オーセンティックアセスメント」に移っていきました。それは、子供が理解したと言っている知識は、現実の文脈の中で評価しないと本当のところは分からないんじゃないかと考えたからです。オーセンティックアセスメントは、教師が現実世界の文脈を設定し、創造性に富んだ課題を解く過程の中で、子供たちが知識をいかに活用しているかを探ることを

目的としています。オーセンティックアセスメントは、科学的思考を探る有力な評価法として関心を集めており、そこでは、子供が学習内容を正確に記憶しているかではなく、日常の場面で役立つ能力を身に付けているかどうかを評価することができます。

学校で学んだことを、日常生活に転移させることは学校教育の最終目標です。これは、How people learnの著者達も主張しているのですが、子供が学習したことを転移させ、その転移後のものをどう評価するかは、とても大切な観点だと考えます。

なお、オーセンティックアセスメントの和訳で多く使われる「真正の評価」ですが、「真正」という訳語が良いかどうかは悩むところです。いままでの評価が「嘘」と言われているような気がして、私はこの訳語の使用には積極的になれません。

以上、埼玉大時代の評価研究を中心に触れましたが、学習者の実態に注意を払い、学習者の見方や考え方の評価をどう行ったら良いかについて悩んだ13年間でした。

## 5. 「支援」としてのスキヤフォルディング

次に、学習の支援の一つとして、スキヤフォルディングについて触れたいと思います。

ここでは、スキヤフォルディングを意識して行っている理科授業をお見せしたかったのですが、いい映像が見つからなかったので、代わりに、フィンランドで行われた社会科のプロジェクト学習の映像をお見せします。強面のエスコラ先生という先生が授業している場面です。少しの時間ご覧ください。

---

### 〈授業の要点〉

フィンランドにある、生徒数400人のボイオンマー中学校のプロジェクト学習の様子。この学校は、OECDの学力調査で、最も優秀な成績をおさめた学校。OECDのテストの平均点は500点。ボイオンマー中学校は、平均点がそれより100点高い学校で、好成績に貢献したのは地理のエスコラ先生。彼の授業は教科書を使

わず、毎回、先生が用意したテーマにそって課題を行わせている。プロジェクト学習なので、生徒は2、3人のグループに別れ、本やインターネットで調べた情報をノートにまとめ、発表する。

この授業の課題は、グループごとにラテンアメリカの国々について調べ、それぞれの国が豊かか/貧しいかを探り、その原因を明らかにすることである。

---

90分間の授業の前半、エスコラ先生は、生徒の様子を黙って見守っていますが、これが、教師にはなかなかできないことです。私なんかは、すぐ喋ってしまいます。

課題の意味を掴めない生徒もいましたが、急かすことはありません。50分あまり経った頃、エスコラ先生は1枚の資料を生徒に配布し、「こういう表を、君達の為に作ってきたぞ。これは、特定の農作物の各国の生産量だ。国の生産物や国民総生産の統計を見ることで、そこから何かが見えてくるんじゃないかな。」

「経済の豊かさを探るには、その国の輸出品の生産量や価格を知ることが、重要な意味を持っているんだ。」

「たしかに、ラテンアメリカではそうだけど、フィンランドと比べるとどうだろう？ほら、この数字が少ないぞ。」

等々のコメントを投げかけています。しかし、エスコラ先生は授業でのアドバイスを最低限にとどめており、少ないコメントからデータを読み解くことの大切さを教えています。

授業後のインタビューでは、エスコラ先生は、「私に言わせれば、教科書の内容を授業で説明して、生徒に暗記させるのはとても簡単なことです。しかし、生徒自身が自分達で調べて発見したことは、私が一方的に教えることよりも、はるかに彼らの身に付くと思うのです。」と締め括っていました。

私は、このエスコラ先生の授業の一連の展開を、足場かけ（スキャフォールディング）の実践として読み取りました。スキャフォールディングは、皆さんがよく知っているヴィゴツキーの

「発達最近接領域」を支持する理論です。子供たちの理解が、ある高みにあるんですが、さらにその上までは行けそうにない。そのような場面で、教師が手を貸したり、あるいは、高みにいる子供が手を貸したりすると、その子は一段高い状態に進むことができるというものです。

さて、埼玉大時代のことですが、図書館に「コントラクトスキャフォールディング」というタイトルの本を発注しました。この本は、スキャフォールディングに対する私のイメージを根底から覆す本でした。副題には「エスティメーティングストラテジー」と書かれており、本のタイトルの「コントラクトスキャフォールディング」と合わせ、いいタイトルの本だと思いました。しかし、後で気付くのですが、私はコントラクトをコンストラクトと早とちりして発注していたのです。

図書館から本の入荷の連絡が来て、取りに行ったら愕然としました。本の表紙を今スライドで写しています。<sup>(16)</sup>ビルを作る際の木で組まれた壮大な足場が写っています。ばりばりの建築の本でした。

授業研究の中で、スキャフォールディングという用語を知った後、私の興味は、子供たちの学習の足場をどんな風にかければ良いかということに焦点化しました。しかし、この本の表紙を見た後、私の意識は「この木の足場をどうやってはすすのだろうか。」という点に移っていきました。

当時は、「足場はずし」に触れている研究者はいませんでした。英英辞典を見ると、スキャフォールディングの解説では、いろいろなことをしっかり支える（足場をかける）という意味の説明は沢山ありましたが、足場をはずすことに関しては書かれていませんでした。

ところで、2年前、青森県の高等学校理科教育研究会から講演をたのまれました。高等学校の学習指導要領がちょうど改訂された時なので、改訂の話をしてほしいということで、八戸に行きました。講演では、学習指導要領の改訂のポイントに加え、今説明した「スキャフォル

ディング」の話も加えました。もちろん、「足場かけ」と「足場はずし」の両方の重要性についても説明しました。講演後、研究会会長の校長先生から、今日の先生の講演で一番参考になったのは「足場はずし」のところだと言われました。「足場をどうはずしたら良いのかについて、現場の先生は全く考えていないと思います。」という一言が印象に残っています。

最近では、「足場かけ」同様、「足場はずし」が重要だとおっしゃる現場の先生もでてきたのですが、課題は足場を「どのようにはずすか」であり、今では、足場をかける以上に、「足場はずし」がスキャフォールディングの要だと考えています。

また、スキャフォールディングに関して、「足場かけ」と「足場はずし」の2つの意味の重要性に気づいた私は、どちらか一方の訳語を使ってしまうと、この用語の真意が伝わらないのではないかと考え、今は、カタカナの「スキャフォールディング」をそのまま使うようにしています。

## 6. 「動機づけ」の諸相

### 1) すイエんサーのグルグル思考

NHKの教育番組に「すイエんサー」という番組があります。<sup>(17)</sup> いろいろなテーマが与えられ、それをアイドルが解決するという番組です。そこでは、ファシリテーターが上手く関わって問題の解決を目指します。以前に見た番組では、アイドルが、東大生や京大生と競い、課題を解決する（問題を解く）という場面がありました。<sup>(18)</sup> 東大生や京大生は論理的に考えて、こんな風にやったら解けるという風を先を見通して対処していきます。一方、アイドルたちは何をやったらいいのか見通しを持ってないまま、「上手くいった」「上手くいかない」に一喜一憂しながら、試行錯誤を繰り返しています。この試行錯誤を「グルグル思考」と、番組チーフディレクターの村松秀さんは言っています。解決を目指し、「疑うこと、ずらすこと、つなげること、寄り道すること、あさっての方を向くこと、広げること、笑うこと」など、いろい

ろなやり方が許されています。村松さんは、「グルグル思考」の良さを朝日新聞の「リレーオピニオン」に書いています。<sup>(19)</sup>

私は、本格的な探究活動に入る以前に、沢山のことを試みる「グルグル思考」は、課題解決や問題解決の能力育成に極めて重要な活動だと思っています。学校段階が上がるにつれて、「理科嫌い」が増えているのは、自由にいろいろな事をさせるこのような時間がどんどん減ってきて、学校では、型通りにやっていかないといけないという押し付けが増えてくるためなんじゃないかな、と個人的には考えています。我が国では、課題解決や問題解決の過程、探究スキルの重要性のみを言いつぎるので、子供たちは肩肘張って、構えてしまい、理科に対する興味や関心を失っているんじゃないかなと、つつい考えてしまいます。

### 2) 科学の探究活動 / 教育の探究活動

探究の過程に関して関心をお持ちの方は沢山いると思うので、文科省の理科ワーキングで作成された探究のステップ図をスライドで写します。「課題の把握（発見）」「課題の探究（追及）」「課題の解決」は、中学校、高等学校の理科授業の中で繰り返し行われているものです。学習指導要領では、これら探究活動を全てできなくても、部分部分の活動を行うことも大切だとしています。

ところで、シュワブはタイトルが、The Teaching of Science as Enquiryという書籍を出しています。<sup>(20)</sup> 理科教育の立場から考えると、訳し方によって2つの意味（「探究としての科学」の教授／探究としての「科学教授」）が考えられます。私は、この2つの観点を意識しながら理科教育における探究のあり方を吟味し、実践する必要があると思っています。

科学の探究活動には普遍の方法があるわけではないので、教育における探究活動においても、どの教材が優れているとか、どの教授法が優れているとかを問うことは難しいと考えます。<sup>(21)</sup> 探究活動は大工仕事の中にもあります。昔、娘がお神輿屋さんの木工職人として働いていた時、工場の作業現場を見せてもらいまし



た。その時、職人さん一人一人は、対象や道具によって少しずつ作業のやり方を変えていました。スライドには、「授業でも、大工仕事でも、どの教材（道具）が最も適しているかは、取り組む課題によって決まる。」と、その時に感じたことを添えて書いておきました。<sup>(22)</sup>

### 3) 附属小の子供の本音

附属小の校長になった1年目のことです。その時、子供たちの興味や関心は、どうも我々が考えているものとは違っているのでは、と感じる体験をしました。

校長室に遊びに来た子供たちが、私にこんなことを言ってきました。「うちの先生、今日も出張なんだ。」「それで、図書館で自習なんだよね。」「それは、大変だね!」と返すと、「うちの先生は偉いから、全国の小学校から呼ばれているんだ。ところが、隣のクラスとか他のクラスの先生は、いつもいるよ。」と・・・、そんな本音を私に伝えてくれました。家でも、お父さんお母さんは、こんな話を子供から聞いているのかなと、つつい思っていました。

自習が多いことによって、このような子供たちの成績が低いかという点、そんなことは全くなくて、一人一人がきちんと勉強をしています。先生が学校にいるいないに拘らず、今、目の前にあることに熱心に取り組んでいます。これはけっして極端な例ではなく、子供の学習の動機となる興味や関心の「深層」と、我々が研究で探ろうとしている興味や関心の「真相」にはズレがあるのではないかと感じました。

### 4) 6年生への特別授業：子供が考え悩む授業

校長最後の年の3月、6年生のあるクラスから「授業をしてください」とお願いされ、40分間の授業をすることになりました。担任が出てくることはなく、子供たちがすべてを手配します。私は小学生に授業をしたことはなく、このような依頼も初めての事で困惑しました。どんな授業をしようかといういろいろ悩みましたが、理科好きの子供が少しでも増えると良いと考え、彼ら/彼女らにとって意外性のある現象を扱うことにしました。

授業では、まず、「ろうそくの炎が丸く写っている写真」を見せました。もちろんその理由を子供たちに尋ねましたが、答えはあてずっぽうなものでした。ちなみに、これは、重力がないところで、ろうそくが燃えた時に見られる炎の形です。この写真を撮った方は、埼玉大の物理の非常勤の先生ですが、ろうそくとカメラを一体化させ、ろうそくに点火したのち、落下させながら自動撮影したとのことでした。

写真を見せた後、授業で習っている「燃焼の三条件」を確認した上で、「消火の四条件」を尋ねてみました。このような確認を済ませた後に、次の実験に進みました。

それは、燃焼ビンの中で、「高い位置にあるろうそく」と「低い位置にあるろうそく」では、「火を付けた後、蓋を閉めたら、どちらが先に消えるか?」という実験です。観察すると、高い位置のろうそくの炎が先に消えます。ろうそくは燃えると高温で気化するので、燃えてできる二酸化炭素の体積は膨張して密度が小さくなり、ビンの上の方にたまってしまいます。そのため、燃焼ビンの中の酸素は下へ押し上げられ、上方の酸素は無くなり、ろうそくの炎が消えるのです。一方、下のろうそくは酸素がある間は燃え続けます。この実験結果は、子供たちの予想に反したものでした。

次に、我々が、もしホテルで火事に遭遇した場合、どうしたら良いかについてアドバイスをしました。子供たちは実験結果から、ホテルの床に近いところには酸素があると考え、「部屋の下を這いつくばって逃げる。」と言ってきました。それには、すかさず「這いつくばるのもいいけど、ゆっくり逃げたら死んじゃうよ。」と切り返しました。最後には、火事に直面したら、「燃えている状況を瞬時に確認した上で、どんな格好でも良いから、口をハンカチで塞いで、急いで逃げた方が勝ちだよ!」とまとめました。

特別授業は、「逃げの極意」の伝授で終わりましたが、子供たちは皆、首を縦に振って頷いていました。しかし、この授業を通して子供たちの認識がどう変わったかは不明です。

## 7. 附属小学校長時代のモニタリング

ここでは、附属小学校でのエピソードを紹介します。

### 1) エピソードⅠ：「校長先生はウルトラマンと友達です」

それは、附属小に着任した初めての挨拶でのことです。「校長の片平です。どうぞよろしく」と挨拶したのち、片平の「カタヒラ」は「片平なぎさのカタヒラです」と言ったら、子供たちはシンとして聞いていました。講堂の端にいる少数の教員が、「うふふ」と発してくれた感じでした。これはちょっとまずいかな、子供たちの関心を引くにはどうしたら良いかと思っ、つい「校長先生とウルトラマンは友達です」と言ってしまいました。

その後、校長室には、学年に関係なく、多くの子供たちが来るようになりました。「本当にウルトラマンと友達か?」と言ってくる子供たちには、今、スライドでお見せしている写真を見せました。教師として働いた調布高等学校の教え子が送ってくれた、「教授昇任おめでとう。」と書かれたウルトラマンからのメッセージカードです。「君と一緒に地球を守っていこう!」とウルトラ語で書かれたメッセージカードも添えられていました。

さらに、子供たちには、コピー用紙に片平と私の名字を書き、「片」の字の長い棒の上に○を書いてみせました。この絵は、よく見ると、ちょうどウルトラマンがスペシウム光線を発射している絵に見えます。これらを見せられた子供たちは、「うーんそうか。」という風になり、信じてくれました。

しかし、まだ怪しんでいる子供には、「先生の車はこれだ」と、ウルトラ警備隊が使っていた「ポインター」と私が一緒に写っている写真を見せました。放送教育開発センターに勤務していた時、同僚の先生の知り合いが「ポインター」に乗って遊びに来ました。その時、車の脇に立って撮らせてもらいました。これら一連の展開を経て、「校長先生はウルトラマンの友達!」と子供たちはすっかり信じてくれるようになりました。

### 2) エピソードⅡ：「運動会での挑戦」

次のエピソードは、運動会についてです。附属小ではクラスごとにクラスカラーが決まっているので、当日、赤・黄・緑・紫が入ったハチマキをして応援しようと考えました。どのようなハチマキを作ったかという、クラスカラーの赤・黄・緑・紫の4色のハチマキを細長く切っ、つなぎ合わせたものです。幸い、私の妻の実家は仙台で運動具店を営んでいるので、この4色のハチマキはすぐに購入できました。当日、そのハチマキをポケットから取り出し、頭に締めて挨拶をしました。ところが、附属小の運動会は「紅白」での戦いでした。十分な下調べをしないまま、思い込みでやってしまった失敗でした。

名誉挽回のため、その後の私は努力しました。2年目は、紅と白の2つの帽子を解体し、真ん中からつなぎ合わせた帽子（つばの紅白は逆）を妻に作ってもらい、挨拶に臨みました。子供たちにはとても受けました。そして3年目、運動会が近づいてくると子供たちが校長室に沢山来るようになりました。「今年は何になったの?」「まだ、妻から受け取っていないから分からない。」と前日まではぐらかしていました。当日は、挨拶の時に、上に着ていた運動着を脱いで、紅白の市松模様のTシャツを見せたら、子供たちや保護者に大受けでした。しかし、妻が作ってくれたこのTシャツは派手すぎて、その後、どこへも着ていくことはできませんでした。結局、運動会で1回使っただけの幻のTシャツになりました。

### 3) エピソードⅢ：「141年目の遠泳」

附属小の子供たちは、いろいろな行事を体験します。たとえば、遠泳のため房総半島の先端にある富浦に行きます。6年生全員が参加し、海で2キロを泳ぎきります。湾から一度外海へ出て、再び湾内に戻ってくるというコースです。この行事に付き添ったのですが、私はたいして泳げないので、炎天下、砂浜ですっくと待っていました。すっかり日焼けをしてしまいました。子供たちは、3泊4日の中で、OB・OGの援助を得ながら2キロを泳ぎ切るので、初め

て参加した時、実際の遠泳を支援してくれた責任者の方（水戸の水府流水術の師範）に、「校長先生良かったね。141年目も無事に子供たちが完泳出来て！」と言われました。141年といわれた瞬間に、附属小の歴史を痛感しました。

#### 4) エピソードⅣ：「朝日小学生新聞へのデビュー」

校長2年目の時に、附属小の記事が、「朝日小学生新聞」に載りました。校長は、月曜日と金曜日の2日しか学校に行かないのですが、この新聞の取材に遭遇しました。

筑波大で仕事をしていると、公開の「研究発表会」以外に茗荷谷の附属小へ行く機会はないと思います。ここでは、朝日小学生新聞に載った附属小の写真をいくつか紹介します。この写真は附属小の講堂です。900人の椅子席をもった講堂で、入学式、卒業式、朝の会以外にも、研究発表会でも使用されます。研究発表会には2日間で3000～4000人の先生が参加します。講堂の椅子席前のスペースには仮の教室が作られます。そこで、授業者の先生も子供たちもマイクを使いながら授業をします。講堂に入りきれない人も多くいるので、映像を3～4カ所の教室に流し、授業を視聴してもらいます。

次の写真は、理科の実験室です。これは私も撮影の時に初めて見たのですが、簡易のプラネタリウムです。実験室の天井に設置されており、普段は折り畳まれて天井近辺にまとめて吊るされています。他には、「未来の教室」と名付けられた、プロジェクタとスクリーンが数多く備え付けられている教室があります。この教室は企業と共同して開発した新しい構想の多目的教室です。

#### 5) エピソードⅤ：「関附連で撮ったツーショット」

附属小の校長は、全国や関東の附属学校連盟の研究大会に行く機会があります。その時の写真を紹介します。全附連や関附連は、全国や関東地区の附属学校の持ち回りで開催され、学校経営、各教科の教科指導、PTA活動等の発表が行われます。校長は、基本的に学校経営のセッションに参加します。夜の懇親会では、開催県のぬいぐるみのゆるキャラも登場し、会を

盛り上げてくれます。1枚目の写真は、山梨県の「とりもっちゃん」と一緒にの写真です。私は写真を撮るつもりは全然無かったのですが、開催校の方が、ぜひぜひと勧めてくれて写真を撮りました。2枚目は、翌年の群馬大会の宣伝に来ていた「ぐんまちゃん」です。こちらはよく知っていた人気キャラだったので、ツーショットをお願いし撮りました。

そして、最後の写真は「ふなっしー」です。これはツーショットではないのですが、ふなっしーは、船橋市と私が住んでいる市川市の境あたりの所に住んでいます。私の家は、彼の家から1キロ位のところにあるのですが、家の近辺で、ふなっしーの姿を見かけたことはありません。

## 8. おわりに

私は、授業研究を通して、子供たちの見方や考え方に共感することの大切さを学びました。そして、子供は共感してくれる人に本性をさらけ出すということも分かりました。しかし一方で、安易な共感駄目だということを経験しました。安易な共感、逆効果になることがあるからです。きっと、「教師と子供には壁がある」のです。子供一人一人の経験は異なっているので、我々は、安易に共感を押しつけることなく、「壁があって当たり前だ」という位の前提にたって研究を行うことが大切だと感じています。

もう一つ、これは私の個人的な感想なので、一般化できるかどうかは分からないのですが、「研究者と教師にも壁がある」という点です。研究者と教師は、協力しながら授業研究を行うわけですが、本質的に両者は、目の前の子供たちに対し求めるものが違うのです。これまで、多くの先生と議論を交わしてきたのですが、伝えきれなかったことが数多くあったのではないかと反省しています。研究者は新たな発見のために、教師は子供の成長のために授業研究に拘っています。現在は、立場を越えた共感、言いかえれば、並行関係を押えた上で、両者が共鳴、共振しながら研究することが大切だと感じています。

授業研究を共にしてきた子供／教師と共感、共鳴、共振できなかったことが沢山ありました。今後は、「児童生徒」「教師」「研究者」の3者の壁を意識しつつも（前提にしつつも）、これまでの研究成果<sup>(23)</sup>を踏まえながら授業研究を行っていくことが大切だと考えます。

これで最終講義を閉じさせていただこうと思います。ありがとうございました。<sup>(24)</sup>

## 【註1】博士論文の章構成

### 序 章 研究の目的と方法

第1節 本研究の目的と方法

第2節 本研究で使用する用語の定義

### 第1章 理科教育における構成主義と概念変容理論

第1節 近年の構成主義の展開と課題

第2節 理科教育における構成主義

第3節 概念変容理論と概念変容アプローチ

### 第2章 粒子理論の教授内容と生徒の粒子認識

第1節 理科カリキュラムと粒子理論の教授内容

第2節 生徒の粒子認識の実態

第3節 生徒の粒子認識の変化

### 第3章 構成主義に基づく粒子理論の授業デザイン

第1節 粒子理論の授業デザイン

第2節 概念変容の教授アプローチとしてのコンフリクトマップ

### 第4章 粒子理論の教授実践と効果

第1節 粒子理論の教授の構成と実際

第2節 粒子理論の教授と効果

### 終 章 結語と課題

第1節 本研究の成果

第2節 今後の課題

## 【註2】個人構成主義

教育学研究が参照する通常の個人構成主義（constructivism；構成主義）の主張は、「知識の構成に人間の心や思考が積極的な役割を果たしている」というものである。社会科学における先鋭的な思想であるラディカル構成主義（radical constructivism；心理学的構成主義とも言われる）や社会構成主義（social constructionism；社会構築主義と言われることの方が多い）は、世界がつくられる社会過程や社会的相互行為に焦点を合わ

せており、これまでの教育学研究が参照した構成主義とは本質的に異なった点に研究関心がある。

## 【参考文献】

Committee on Developments in the Science of Learning. (2000) *How people learn: Brain, Mind, Experience, and School*. 森敏昭・秋田喜代美監訳, 授業を変える, 北大路書房, 2002.

Hashweh, M.Z. (1986) Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8 (3): 229-249.

片平克弘, 粒子理論の教授学習過程の構成と展開に関する研究—構成主義に基づく理科教授の構想と実践—, 風間書房, 2016.

片平克弘・高野恒雄・長洲南海男, モル概念の定義と必要性に関する教科書記述の分析および生徒の意識調査—モル概念指導のための基礎的資料として—, 日本理科教育学会研究紀要, Vol.28, No.1, 27-33, 1987.

Particles Working group of the Children's Learning in Science Project (1984) *Approaches to Teaching the Particulate Theory of Matter*, University of Leeds.

Schonland, B. (1968) *The Atomist 1805-1933*, Clarendon Press. 広重徹・常石敬一訳, 原子の歴史—ドルトンから量子力学まで—, みすず書房, 1977.

高久清吉, 教育実践学—教師の力量形成の道—, 教育出版, 1990.

Tsai, C. C. (2000) Enhancing science instruction: The use of 'conflict maps', *International Journal of Science Education*, 22 (3): 285-302.

Vosniadou, S., et al. (2008) Conceptual change research: An introduction, In S. Vosniadou (ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, Routledge.

Vygotsky, L. S. (1978) *Mind in Society: The Development of Higher Mental Processes*, Harvard University Press. ヴィゴツキー, L. S., 柴田義松訳, 新訳版・思考と言語, 新読書社, 2001.

【参考スライド】

(1)

46年前  
平砂学生宿舎  
9-101号室

↑↓

現在  
平砂学生宿舎  
9-231号室

(2)

簡単な自己紹介

鳴門教育大学(H.元～) 放送教育開発センター(H.5～) 埼玉大学教育学部(H.7～)

大学院教育 (1学年300名×2学年) 映像教材製作 (高等教育用教師教育教材) 学部教育 (1学年470名×4学年)

(3)

筑波大学人間系  
(H20.10～現在)

(教育研究科/教育学学位プログラムSP)

(4)

人間系学系棟

(5)

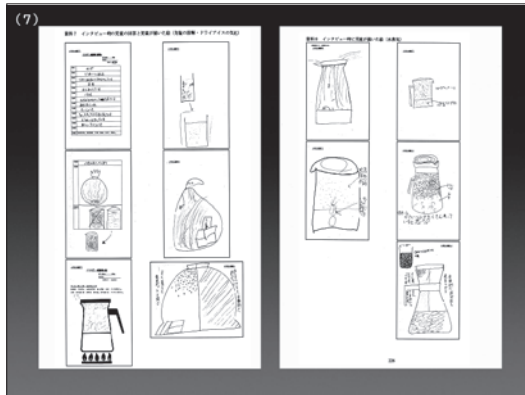
私の理科授業研究：  
科学概念形成を目指した児童生徒のミiskonセプションの再構成  
— 粒子理論の教授学習過程を事例に —

2021.3.5  
片平克弘(筑波大学人間系教育学域)

(6)

<これからの授業に関する研究のあり方>

児童生徒の学習に対する支援者(当事者) 児童生徒の学習の観察者 教師の研究に対する支援者・促進者



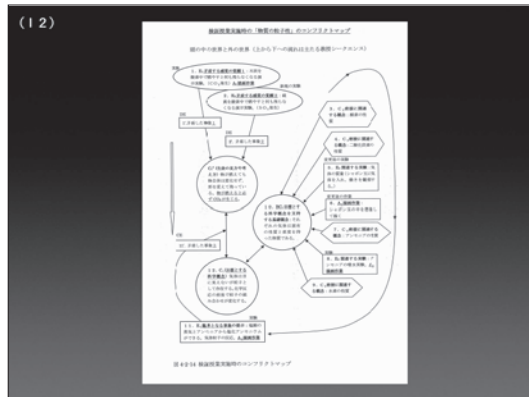
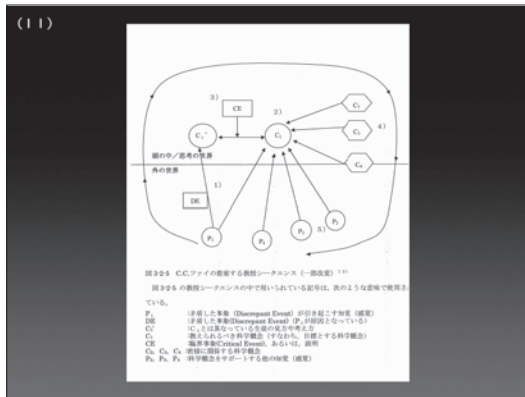
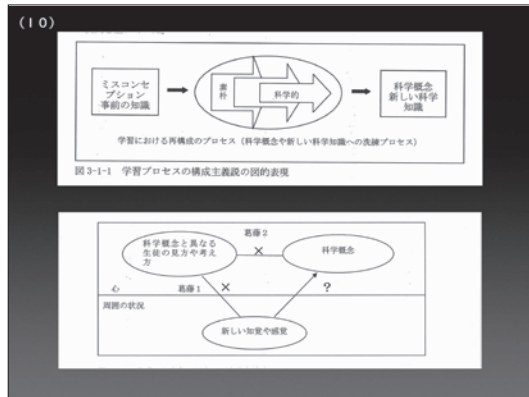
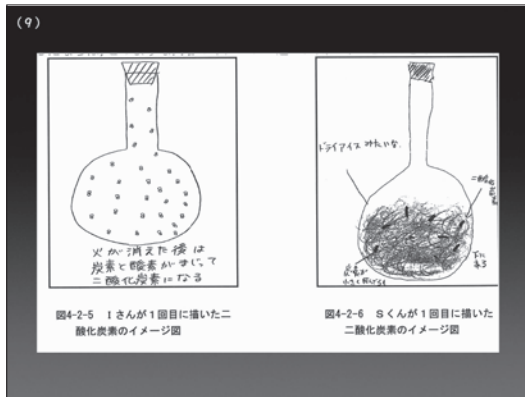
(8)

図3-1-1 学習プロセスの構成主義的表現

科学概念を学ぶこと、すなわち、  
 1. 一時的な知識  
 2. 一時的な理解  
 3. 一時的な信念  
 4. 一時的な態度  
 5. 一時的な行動

科学概念を学ぶこと、すなわち、  
 1. 一時的な知識  
 2. 一時的な理解  
 3. 一時的な信念  
 4. 一時的な態度  
 5. 一時的な行動

学年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
知識	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
理解	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
信念	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
態度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
行動	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○





(14)

**教育評価を意味する言葉の変化(1980年代)**  
 エバリュエーション(evaluation)から  
 アセスメント(assessment)へ

**assessment:** sit beside, sit with (そばに寄り添う)を意味する assidere を語源としている

**アセスメント:** 学習者の学習プロセスに寄り添いながら、学習者のためになされるもの

(15)

学習の評価  
 (assessment of learning)

学習のための評価  
 (assessment for learning)

学習としての評価  
 (assessment as learning)

(16)

どのようにしてこの足場をはずすか？

(17)

グルグル思考で科学するNHK教育番組  
「スイエンサー」

- ・「ゆで卵の黄身をど真ん中に」
- ・「茶柱を必ず立てる」
- ・「A4の紙で作った橋の強さを競う」

(18)

女子高生アイドルが大学生を倒した武器  
「グルグル思考」が世界を変えていく

「女子高生アイドルたちが、東大生や京大生たちに、  
 「知力勝負」で圧倒した!!」

「わからないこと」ばかりのこの社会で問題を解決するのに、  
 情報や知識だけでは少しも役に立たない。いちばん大切なのは、無駄なことも、関係がなさそうなこともひたすら考え抜く「グルグル思考」だ。

「スイエンサー」NHKチーフ・プロデューサー・村松秀さん

(19)

「グルグル思考」で科学する



「シリオーおひろくん」  
テレビの解説

NHKチーフプロデューサー 料亭 秀さん

2016.5.18 朝日新聞

(20)

シュワブの著書  
*The Teaching of Science as Enquiry*

**The Teaching of Science as Enquiry**

「探究としての科学」の教授

**The Teaching of Science as Enquiry**

「探究」としての科学教授

(21)

「探究としての科学」

対象（研究分野）に応じた様々な形があり、  
科学するプロセスに、ある一定普遍の方法を  
当てはめれば良いというものではない。

(22)

「探究」としての科学教授


どの教授法が優れているのか？

どの教授法が適しているかを問う ←→ どの教材（道具）が適しているかを問う

しかし、授業でも大工仕事でも、どの教材（道具）が最も適しているかは、取り組む課題によって決まる。

(23)

児童生徒の実態に対し注意を払う



児童生徒の見方や考え方の評価  
(ミスコンセプション/アセスメント)

理解の水準を高める  
(スキュフォolding)

興味・関心の把握  
(動機づけ)

(24)

<私が卒業した小学校>



長い間ありがとうございました。  
(人間系教育学域・片平弘弘)