

〔研究ノート〕

人間の認識をどう育むか

—人間発達科学部「ゼミナール」での玉田泰太郎小学校理科実践の分析から—

林 衛, 長谷部真誠*, 谷川 寛和**, 相川 恵子**, 下山真理香**, 市瀬 和義

How Has the Human Perception Been Developing ?

—On Analysis of Mr.TAMADA Yasutaro's Science Teaching Practice at Elementary School—

Mamoru HAYASHI, Shinsei HASEBE, Hirokazu TANIKAWA, Keiko AIKAWA,
Marika SHIMOYAMA and Kazuyoshi ICHINOSE

概要

1970年代に実現していた玉田泰太郎による公立小学校での理科授業の記録を、人間発達科学部の新授業「ゼミナール」で分析した。“認識の順次性”に沿って再構成された“教材の系統性”を生かした授業実践に学ぶ現代的価値は大きい。板書された“正解”を黙々と写す授業とはまったく異なる——子ども同士が討論によって意見を構成し、自らノートを完成させる——能動的な学びが実現していた理由を、理科教育法を学ぶ学生4名と教員2名で明らかにする。

キーワード：理科教育，意図的指名，机間観察，認識の順次性，教材の系統性

Keywords : science education, intentional call, checking on children's work, order of human perception, systematic teaching materials

第1章：なぜ玉田泰太郎に注目したのか

2005年10月に発足した富山大学人間発達科学部は、第1期生となる1年生を2006年4月に受け入れた。2008年度前期には、最初の3年生に向けて「ゼミナール」を開講。著者のうちの2人（市瀬と林）は、共同して玉田泰太郎著『新・理科授業の創造』（1997）⁽¹⁾に記載された授業実践記録を学生とともに読み込む提案をした。提案は学生たちに受け入れられ実現した。本研究ノートの目的は、この新しい試みの評価を受けるために成果をつまびらかにすることと、学生と教員が共同で取り組んだ理科実践の分析結果を報告することにある。

1-1 「ゼミナール」という新しい機会

人間発達科学部発足に先駆けた新カリキュラムづくりのなかで、少人数講義である「ゼミナール」（半期2単位）では複数教員による担当・指導も計画されていた。市瀬と林が所属する同学部人間環境システム学科環境社会デザインコース教員が集まって2007年度末に実施された会議では、一教員による研究室所属の新3年生向けも、複数教員による担当・指導も可能である旨確認された。本学部で理科教育法（中等）を担当している林は、「人間

の認識に働きかける」方法論を理科教育に限らず、科学コミュニケーション一般を対象に研究している⁽²⁾。その目的のひとつは、理科教育の実践から、理科教育にとどまらない、さまざまな場面で豊かなコミュニケーションを実現するためのヒントを得ることにある。

研究室所属を希望する3年生3名、4年生1名はいずれも理科教員免許の取得をめざしている。そこで、本学部に着任するまでに15年の小学校教員経験のある市瀬が加わった玉田実践の分析によって、学生にとっても、みのり豊かな成果が得られると考えた。これからの教育を担う若い世代に玉田実践の意義を伝える機会をもちたいと考えていた市瀬と林の相談がまとまるのに長い時間はかからなかった。

本ゼミナールは毎週金曜日5限に開講、参加者分の本が入手できた5月の連休明けから読み込みを開始した。上述の3年生3名、4年生1名、教員2名に加え、ときどき大学院修士1年生1名も参加した。読み込みに際しては、ジグゾー法を参考にした強調学習環境の構築を試みた。ジグゾー法とは、「全体テーマを何らかのサブテーマに分割し、そのサブテーマを各学生が分担して準備し、ジグゾーセッションを通じて共有していく」強調学習の方法である⁽³⁾。

ジグゾー法の特徴であるサブテーマの設定は、担当す

* 富山大学教育学部，** 富山大学人間発達科学部

る節の内容を意識させる以上にはとくに意識しなかったが、12章50節、148ページにわたる実践録（授業記録や子どものノート、およびその解説からなる）を、基本的に毎回全員が小分けして分担し、大事なポイントを紹介し、疑問点を解決していくのを方針とした。また、各参加者には、自身の分担分だけでなくその日に読み込む予定の範囲全体にあらかじめ目を通しておくことも求めた。ただし、分担するページ数は最初は3、4ページ、読み込みになれてきた後半でも5、6ページに抑え、それぞれが集中的に準備して、より大きな流れを把握していく役目を分担する自覚をもてるよう努めた。レジュメ準備は任意とした。研究室のほかの活動として実行している文献紹介の際、一人の担当者が文献全体について発表するのとは異なるやり方である。

予定通りいけば、毎回25から30ページ進むわけであるが、内容面での議論が続いたり、準備が不足気味であったりしたため、進行が遅れる場面も何度かみられた。そして、7月上旬には最後まで読み終わり、まとめの作業に入ることとなった。なお、文献輪読は学生たちにとって初めての経験とのことである。

1-2 玉田実践を取りあげる意義 —戦後理科教育「最盛期」の実践に学ぶ

玉田泰太郎（1927-2002）は、愛媛県松山市に生まれ、1948年に愛媛県越智郡亀岡村立亀岡中学校教諭（数学担当）となる。1949年から1985年まで東京の公立小学校で教諭を務めた⁽⁴⁾。現職教員としての実践を科学教育研究協議会（科教協）などを舞台に教員仲間と共有する研究・著作で知られ、退職後も「理科授業の理論化研究会」を創立するなど教育研究に打ち込んでいる。

真船和夫（東京学芸大学名誉教授・元科教協委員長）は、『新・理科授業の創造』⁽¹⁾冒頭で、玉田の業績をつぎのように位置づけている。

「子どもの自然認識については、…大人にとっては既知のものでも、子どもにとっては未知であるといったことがあるにせよ、自然についての認識を形づくる心的過程は、大人のそれと基本的には同じではないかという仮説を立て、そこから、子どもが自然を科学的に認識していく道筋は、科学の方法にしたがうという原則を考えた。…これらの原則や仮説の多くは、科学論や科学史の研究、児童心理学などから導きだされたもので、科学教育研究も科学でなければならぬ以上、多くの授業実践によって検証されなければならないものであった。

ところが、私たちの中で、豊富な授業実践の持ち主は、大森（平生；科教協設立メンバーの1人）さんだけであった。…

“理論が先行して、実践が伴わないなあ”という私の焦燥感は、60年代に入るとともに、解消されていった。玉田さんの“物質概念の基礎を教える”という授業実践

が報告され始めたからである。…（玉田さんの実践は体積や重さの測定に向かいがちであった当時の実践とちがいが、）物質の初歩的ではあるが、基本的な事実・法則、概念は何かという観点から、“物の重さや体積”を学習内容として選び、それらのもつ論理構造にも合い、子どもの認識過程にも適った順序を模索しながら学習を組み立てていったのである。」（括弧内の補足は本研究ノート著者による）。

ここに示されているとおり、授業者による知識詰め込みではない、学習者を中心とした高度な内容の科学教育を実現しうる検証可能な方法論として、1960年代以降、玉田実践は、科教協が発行する月刊『理科教室』誌上などで、注目を集め、改良を加えられていった。1970年代の一つの完成をみた玉田実践は、全国の小中高理科教員たちに影響を与えていった。『新・理科授業の創造』（1997）が本研究ノート脚注⁽¹⁾に述べたとおり『理科授業の創造』（1978）の増補版としてよみがえったのも、その影響力の大きさゆえであろう。また、本（2008）年夏にも、大部の玉田実践入門書⁽⁴⁾が出版されている。玉田実践に学ぶ意義は衰えていないといえる。

今回は、玉田による多数の成果の中から、理科専科教員として1976年に東京都渋谷区立長谷戸小学校の6年1組で実施した代表的な理科授業の分析を、『新・理科授業の創造』⁽¹⁾の授業記録によって試みた（2か月にわたる授業記録は、表1に示した単元が並ぶ。本研究ノートでは、分析対象の具体的内容も盛り込んであるが、記録のごく一部のしか紹介できていない。子どもたちのノートや討論の詳細な記録や玉田による分析の全貌を知るには、授業記録そのものを参照していただきたい）。

本研究ノートの各章で論じられるとおり、玉田実践はこれからの理科教育に活用したい要素がたくさんつままったものである。しかも、この授業記録がいてねいな解説を盛り込んだ形で出版されていて、半期のゼミナールでとりあげやすい条件が整っていた。それにくわえ、文部科学省（旧文部省）学習指導要領改訂にともなう理科の授業数と内容削減への批判の声の高まりによって、2008年度に小学校と中学校の学習指導要領が改訂されたことも、玉田実践をとりあげる意義を高めると考える。

この約30年の間、小中高いずれにおいても学校教育における理科は一貫して削減されてきた。小学校についてだけみても、1977年版（小学校4年から6年で理科は29単位削減、6年生は週4時間が3時間に）、1989年版（生活科導入で小学校低学年理科廃止）、1998年版（小学校理科に「課題選択」と理科の授業時間数の削減傾向が続いてきたのだ⁽⁵⁾）。ところが、今回の改訂によって削減傾向にピリオドが打たれ、1989年版に近い形に戻ることになった。これを目前にして、理科を学ぶ・教える意義を改めて考えてみる機会としたい。

表1 認識の順次性に基づいて再構成された「物質概念の基礎を教える」教材の系統性。

本ゼミナールで分析した玉田実践の授業記録（東京都渋谷区立長谷戸小学校6年生理科。1976年10月と11月に実施）全単元を一覧にまとめた（文献⁽¹⁾ pp.45-47の一覧をもとに授業記録本文に沿って整理した）。例えば、「物の三態」という内容を学ぶために、アルコール、水、ブタン、水銀、食塩、ナフタリン、イオウという7種類の物質が登場するところに、「内容は少なく教材は豊かに」「教材の繰り返しによる認識の深まりと定着」といった考え方が現われている。現在の学習指導要領では中学校2年に登場する内容までも、小学校6年生が学習者中心的に学べる実践が1970年代に実現していた。なお、本研究ノートでは「教材とは、自然の事象、モデル、統計資料といった素材に、何らかの教育課題としての意味を付与したもの」だととらえて分析を進めている。

-
- | | |
|---|--|
| <p>1 気体—気体も物である</p> <p>(1) 気体も場所を占める</p> <p>(2) 気体にも重さがある</p> <p> a 空気の重さをはかる</p> <p> b 酸素、窒素、二酸化炭素、ブタンの密度のちがい</p> <p>(3) 気体を水に溶かす</p> <p> a 二酸化炭素を水に溶かす</p> <p> b 酸素、窒素を水に溶かす</p> <p>(4) 酸素、窒素、二酸化炭素、ブタン</p> <p> a 窒素、二酸化炭素中に火のついたろうそくを入れる</p> <p> b 窒素、二酸化炭素に石灰水を入れる</p> <p> c 酸素、ブタンに火のついたろうそくを入れる</p> <p>(5) 気体の発生—試験管でひとりひとりが</p> <p> a 酸素の発生</p> <p> b 二酸化炭素の発生</p> <p> c 水素の発生</p> <p>(6) 酸素中での物の燃焼と生成物</p> <p> a 木炭の燃焼と二酸化炭素</p> <p> b イオウの燃焼と二酸化イオウ</p> <p> c スチールウールの燃焼と酸化鉄</p> <p> d 炭素をふくんだ物</p> <p>(7) 混合気体</p> <p> a 酸素と窒素の混合気体</p> <p> b 酸素と二酸化炭素の混合気体</p> <p> c 空気</p> <p>2 金属—金属のマクロな一般性を</p> <p>(1) 金属は金属光沢をもっている</p> <p> a 金属をみがく</p> <p> b 金属はすがたがかわっても金属光沢をもつ</p> <p> c 金属は光を反射し、光を通さない</p> <p>(2) 金属光沢をもったものは電気をよく通す</p> <p>(3) 金属は延展性をもっている</p> <p>(4) 金属の種類</p> | <p>3 物の三態—物は温度により三つのすがたにかわる</p> <p>(1) 液体を気体に気体を液体にする</p> <p> a アルコールの液体⇄気体</p> <p> b 水の液体⇄気体</p> <p> c ブタンの気体⇄液体</p> <p>(2) 液体を固体に固体を液体に</p> <p> a 水銀の液体⇄固体</p> <p> b 食塩の固体⇄液体</p> <p> c ナフタリン・イオウの固体・液体・気体</p> <p>4 物の熱分解—一つの物質がなくなり新しい二つ以上の物質ができる</p> <p>(1) 酸化水銀の熱分解</p> <p> a 酸化水銀→水銀、重さの減少</p> <p> b 酸化水銀の消滅と水銀と酸素の生成</p> <p>(2) 炭酸水素ナトリウムの熱分解</p> <p>(3) さとう・でんぷんの熱分解</p> <p>5 金属の酸化—物質の不滅性と変化</p> <p>(1) 銅とイオウの化合—二つの物質から新しい一つの物質をつくる</p> <p> a 銅→硫化銅・重さの増加・発熱</p> <p> b 銅→硫化銅・質のちがい</p> <p>(2) 銅の酸化</p> <p> a 銅粉を酸素中で加熱・重さの増加・発熱</p> <p> b 閉鎖系の銅の酸化・質量の保存・酸素の消滅</p> <p> c 銅を空気中で加熱</p> <p> d 酸化銅から銅をとり出す</p> <p>(3) 鉄の酸化</p> <p>(4) マグネシウムの酸化</p> <p>(5) カルシウムの酸化—金属酸化物の水溶液</p> <p>6 炭素・イオウの酸化</p> <p>(1) 炭素の酸化</p> <p>(2) イオウの酸化</p> |
|---|--|
-

削減が始まる前、時間数も内容も豊富だった時代に、日本の理科教育はどのような成果をあげていたのだろうか。小学校5、6年で毎週4時間理科があったころ、子どもたちはどんな力をみせていたのだろうか。それは、どのような動機付けによってもたらされたのか、理科教育を充実させようという当時の熱気はどのようなもの

だったのだろうか。1976年の玉田実践を通して、それら問いへの答えが導けるだろう。そしてその答えから、多忙感にあふれ、日々の実践に追われ、実践の理論化もままならない教育現場の現状を変えていくヒントが得られるだろう。それを支えに、学生たちには将来にわたって、誰かの決めた内容の授業や業務に取り組むだけでなく、

教育実践を自ら企画し、その人類史的な意味を問い、理論を求め、実践を深めていく志を鍛えていく機会になることを林と市瀬は望んでいる。

1-3 学習者の「自主性」と教師の「指導性」

そんな思いを胸に、戦後の科学教育の歴史を紐解くと、先駆的な実践者に共通する体験があることに気づかされる。戦前の教育を受け、それが「敗戦」を契機に否定され、GHQのもと導入された「新教育」にとってかわられるのを目撃⁶⁾。その新教育が批判的となり、やがて「スパートニクショック」後には「教育の現代化」の波に洗われる経験をする。そういった理科教育が驚天動地ひっくり返る場面に幾度か遭遇した結果、彼ら世代の中に、そもそも理科教育とは何のためにあるのか、考える人がでてきたのであろう。教育の理論研究、実践を深化させる研究はもちろんのこと、理科教育の哲学的・歴史的な研究にも心配りがあった点まで共通している。

1930年に生まれ、戦後長年にわたり国立教育研究所に勤めながら「仮説実験授業」を提唱、その構築と普及のリーダーとして活躍を続ける板倉聖宣もその一人である。子どもたちの自主性を重んじた新教育がしかし、身のまわりの複雑で解析がむずかしい「生活単元学習」の枠組みをとったため、自然科学を学ぶ理科教育として失敗した現実を目の当たりにした1950年ごろ、板倉は「生徒の自発性と教師の指導性の矛盾」という授業科学上の問題に気づき出す。政府の行為に従わされることによって引き起こされた「敗戦」の教訓から、自ら考え、判断する子どもたちの自主性を重んじる教育の大切さは疑いをもたないといえるが、教師の指導は子どもたちの自主性を損ねてしまうのではないかと、といった疑問をいだいたのだ。子どもたちの自主性と教師の指導性はほどほどのバランスをとって…といった喧嘩両成敗的な、どこかの研究授業で聞いたことのあるような答えには、板倉は納得できなかったという⁷⁾。

この板倉の批判的指摘は、理科に限らない教育の根本問題を出しているのではないかと。ゼミナールでとりあげた玉田実践も、その時代に富山出身の初等理科教育のリーダーであった丸本喜一らが富山市立八人町小学校を中心とした富山県内での実践の積み重ねをもとに理論化した「自由な試行活動」と呼ばれる実践⁸⁾も、いまだに繰り返されている、学習者の自主性・教師の指導性をめぐる上記論争へのはっきりとした回答だといえよう。

板倉は、検討を重ねた結果、つぎのような回答にたどり着く。「理想的な授業というのは、生徒の自由な活動にある種の束縛を与えて教師の指導性を発揮することがかえって生徒の自発性をよびおこし、その自由な発想をとことんつきつめさせることによって教師の指導性を高めることができるような、そういう授業ではないか」⁷⁾。

板倉らによる仮説実験授業も、それに学んでいる玉田

実践も、丸本らの「自由な試行活動」も、じつは教師が準備したルール（あるいは土俵）の上でといったたとえが適切なのだろうか、ある種の制限のなかで、子どもたちが自発的に発想をふくらませながら科学概念を獲得していく点で共通しているのは興味深い。

さらに、同時代的な体験、その影響を受けたであろう根本に立ち返った理科教育実践とその理論化の追究では共通点をみいだせる彼らであっても、文部省（現文部科学省）による教育政策に対しては少なくとも見かけ上の立場は大いにちがっていたことも指摘できる。玉田が参加していた科学教育研究協議会は、学習指導要領と対決し実践研究に基づいてそれをしのごう優れた授業提案をめざしていた（その伝統は江川多喜雄ほか⁹⁾にも引き継がれている）。板倉たち仮説実験授業グループは学習指導要領に対して無視を決め込む。ここで無視とは対決のためのエネルギー消費を避けて、自ら道を拓くのを優先する態度を意味していると考えたらよいだろう。丸本たちは、学習指導要領の枠組みで勝負しようとしていた。ただし、学習指導要領作成に内部からかかわる批判的な検討者であった存在感が小さくなかったのだとしたら、三者の実際的なちがいは見かけよりもずいぶんと小さかったことになる。

なお、筆者らは、長福寺（富山市旧呉羽町）に2004年開設された丸本喜一文庫に収められた著書、参考文献、実践記録などを用いて、優れた教育実践を掘り返し、今後の理科教育に役立てるための研究を開始している⁹⁾。この丸本らの業績（文献⁶⁾など多数）の意義を明らかにするためには、他の試みとの比較によって評価軸をみいだす手法が有効だと考えられる。その比較対象として、同じ初等理科教育の領域で丸本たちとは別に、子どもの認識に働きかけ、概念形成を図る教育を実践し、成果をあげた玉田泰太郎の授業記録はふさわしいと思われた。

この自主性と指導性の問題は第6章でも論考する。

1-4 「人間の認識」にアプローチする

本論に入る前に、本稿タイトルにあげた「人間の認識」へのアプローチについて簡単に言及しておこう。

科学教育の目標の一つに自然科学の概念形成があげられる。人類の歴史的遺産ともいえる自然科学の成果である知識や方法論を、世代を超えて継承していくために必要な目標である。その教育を進める際に、所与の知識を所与のものとして理解した授業者が、科学の大系に沿って提示しただけでは、学習者の目には無味乾燥で印象の薄いものとして映ってしまいがちであることが問題となる。

学校教育を受けなくとも生活経験によってもたらされる素朴概念（これには誤概念もあれば科学概念に近いものもある）を授業者がよく理解した上で、発達の最近接領域を意識しながら適切に教材を提示していくことで、ステップをふむように科学概念を身につけていける。その際は、素朴な誤概念を完全に退治するのではなく、両

者が並列するように意識するのが有効な場合がある。たとえば、「日の出」や「日の入り」といった素朴な天動説的世界観の完全な退治はできないが、素朴概念を意識しながら、天動説的世界観が地動説によるより一般的な説明をとおして理解できるようになることが科学的宇宙観の構築に有効だと考えられる。

このような人間の認識へのアプローチの手段として、すぐれた科学教育実践の成果に学ぶ意義は大きい。前節では、同時代にお互いに刺激しあう関係にあったものの、それぞれ独立につくりあげていった戦後最盛期の理科教育の基本的な考え方が共通していることを指摘した。その共通性は、人間の認識のしくみをとらえ、それに沿った科学教育の手法を同時代の彼らたちが実現していたゆえだと考えられる。今回の分析の成果は、科学教育にも適用できるし、科学コミュニケーション一般にも適用できると期待して分析を進めよう。

1-5 本研究ノート各論の構成とねらい

本稿の構成は、包括的な意義を述べた1章のあと各論が続く、7章で包括的なまとめと展望を示す。各論となる2章、3章、4章、5章、6章の分析の視点と、視点設定の理由および意義は、以下の通りである⁽¹⁰⁾。

まず第2章では、教師による解説の理解を中心としたよくあるタイプの理科授業とはまったく異なる授業運営の特徴を、板書（課題の説明しかしない）、討論（少数意見を尊重）、ノート活用法について概観する。第3章では、玉田実践を支える理論「認識の順次性と教材の系統性」が実際にどのように成立しているのか、金属の酸化の学習を追いかけながら分析し、検証・共有を図る。

では、その理論に基づく実践は、子どもの科学概念の発達をどうながしているのだろうか。象徴的な1人の子どもの発言を追いかけて分析するのが第4章である。いっぽう、第5章では、長期記憶形成の視点から、子どもの「頭の引出しを上手に使う能力」を検討する。第4章と5章によって、子どもだけでない人間の認識の育み方に対して玉田実践のもたらすインパクトが浮びあがってくるだろう。

玉田実践の実態と、その学習者へのインパクトを共有したうえで、第6章では再び授業づくりの視点に立ち返り、「理科授業における意図的指名」の是非を玉田実践と他の実践の比較を盛り込み検討し、「人間の認識を育む」玉田実践の現代的意義を確認したい。

第2章：玉田方式の授業運営 —子どもが書く、語りあう

2-1 授業運営に注目した理由

『新・理科授業の創造』⁽¹⁾まえがきには、玉田による授

業を体験した子どもたちが授業に対して綴った感想文が紹介されている。その内容は驚かされるものであった。どの子どもも、玉田実践を体験して衝撃を受けたり、理科の授業を通してそれぞれ新しい考え方や、何らかの価値を見いだしたりしているようすが、はっきり読み取れたからだ。

次節以降でこれら感想文をところどころ参考にしながら、玉田実践の特徴的な部分をみていくのだが、そもそもこれだけのコメントが出てくるのは、なぜなのであろうか。玉田はまえがきの中で、「理科の授業とは子どもとともに自然を学びながら、子どもとともに創りあげていくものである」(p.12；以下とくに断らない場合はいずれも『新・理科授業の創造』⁽¹⁾該当ページをさす)と述べている。教師が学習内容のまとめをせず、かといってすべて子どもまかせにするわけでもない。学習指導要領に載っていない実験を扱うこともあり、「理科」という教科の枠に縛られている感じすらない（その枠を超えた民主主義的、道徳的な授業だとも感じ取れる）。

これまでに児童の活動があっても教師による解説を理解することが中心となる、授業を受けてきた子どもたちは、玉田による理科授業を体験して、最初、そのあまりのちがいに衝撃を受ける（それが感想から読み取れる）。そして、あたかも取り憑かれたように熱心に、科学的な思考をはたらかせ、議論を展開するようになる。すなわち、これまでの経験や学んできた知識を活用し、目の前にある事象をみつめ、その事象と過去の事象との共通性を探しだし、その事象が生じるしくみの説明を試みようとして、筋道をたてて考えをめぐらせているのである。

多くの理科授業では、用意された実験に対して結果を予想し、実験結果から明らかになった事実を教師が解説したり、板書でまとめたりし、それを子どもがノートに写すという流れがみられる。その場合でも、学習者は、教師の準備した実験の結果について、これまで積み上げてきた経験や学んできた内容から何らかの考察はできるだろうし、多かれ少なかれ何かを考察しているはずだ。だが、現実には、玉田実践ほど深く考えをめぐらせたという実感が残る授業は少ないのではない（実際、理科授業に関して、原理はともかくテストに出るポイントだけは確実におさえ、それを忘れないように暗記する授業だった、という印象を残している学生は少なくない）。

それに対し玉田実践では、子どもたちの討論や実験のようすが、そして発言やノート、感想などに現われている子ども自身の手応えから、科学的な思考が授業の中でおおいに実現できていると感ぜられるのである。

玉田実践の特徴の概略をこの節では以下の二つにまとめておきたい。

- (1) 授業運営は教師が中心となって教授するスタイルをとらず、かといって子どもにまかせきりにするスタイルでもないこと

(2) 子どもの科学的思考を、授業の中で実現できていること

これら2点が絡み合ってこそ、玉田実践であると考えられる。(2)に関しては玉田実践の核となる「教材の系統性と認識の順次性」がポイントであり、3章以降で論じられる。第2章ではまず、「授業」そのものの構築、すなわち授業運営に目を向けてみたいと考えた。玉田方式の授業運営の特徴を、以下に詳しく分析していこう。

2-2 玉田方式の授業運営はここがちがう！

玉田による授業運営を、より一般的な（すなわち、実際にしばしばみられる）学習者の活動はあっても、教師による解説を理解することが中心となる授業と比較して、授業を観察してすぐわかるちがいがから示していくことにする。

2-2-1 板書の特徴

一般的に授業の中で、板書とは教師にとって大切なものである。例えば、教育実習では、「教師の板書の跡をみるだけでどのような授業をしたのかがわかる。板書とは教師の授業構成力そのものである」といった指導がされることがある。そして、実習生は、板書の構成力や、いざ授業が始まってから子どもの意見をまとめる力が求められ、そのむずかしさを肌で味わうことになる。板書の技術は、教師の力量をはかる必須のものさしの一つとして提示されるのだ。

ところが、玉田による授業では板書がない。正確には長々とした板書計画がないのである。「板書は授業の単元名や、子どもの予想を書く程度にとどめている」(p.28)と玉田は記述している。教育実習では、「板書（計画）には命をかける」といった指導がされることがある。それぐらいの気概で準備を怠るなどということであるが、板書計画の代わりに、玉田は何に対して注力しているのだろうか。

2-2-2 授業進行の流れ

玉田の授業には長々とした板書計画がない。それではいったい子どもたちはどうやって学習を進めていくのだろうか。「先生は質問する、まとめる役をするというだけで」と子どもの記録にある (p.12)。教師は授業の司会役をすることがうかがえる。この教師の役割についてはまた後で考えてみることにする。

毎回の授業は、玉田による冒頭の発問からはじまる。ここでは授業のおおまかな「進行の流れ」を分析することで特徴を探ってみる。

第1章第1節「銅の酸化」の授業をみてみると、玉田は授業の最初、黙って図1のように板書をする。そし

(板書)
3 銅の酸化
酸素中で銅を熱する

図1 板書の例

て「今日は酸素の中で銅粉を熱したらどんな変化がおこるか考えてみよう」と問いかけ、授業が始まる。

実験の内容を簡単に説明した後、実験の結果がどうなるか予想させ、自分の考えをノートにまとめるよう指示する。子どもたちがノートにまとめている間、「子どもたちの討論を組織するための目安をつけるため」(p.28)、玉田は机間観察（実践記録¹⁾では「机間巡視」と表現されていた)をする。そして予想結果をめぐる子どもたちの討論が始まり、予想がまとまったところで実験をする。そして、子どもたちは実験結果から明らかになった事実をどんどんまとめていく。チャイムが鳴り、授業が終わる。

上述した流れをおおまかにまとめると、以下のようになる。

- (1) 教師の投げかけ（問題提示）で学習が始まる
- (2) 実験の予想をたて、討論
- (3) 実験
- (4) 実験結果を討論を通してまとめる

このように書くと一見、ありふれた一般的な理科の授業とくくりに変わらないようにもみえる。しかし、子どもたちが自分たちであらゆる記録をどんどん書き上げていく特徴は誰もが認めるところではないだろうか。その内容の深さにも注目させられる。

玉田は、「私は子どもがノートに記録することを大事にしている」(p.27)と記述している。玉田実践は、子どものノートのはたしている役割抜きには成立しないといっってよいだろう。

2-2-3 ノートの役割

子どもにとってのノートの役割は、下のようにまとめられる。

子どもにとってのノートの役割

- (1) 実験前の予想段階で自分の考えを文章にまとめる
- (2) 討論によって考え直した内容や、深まった内容を文章にまとめる
<実験>
- (3) 実験結果から明らかになった内容を文章にまとめる

このような段階を具体的に設けていることが、子どもがどんどんノートを書きはじめ、最終的に教科書にまとめられるような大事な内容が子どもたちの手によって書き込まれたノートができあがる助けになっているといえる。ある子どもは完成したノートを振り返って、「はじめはろくに文章も書けなかったが、日が経つにつれて納得のいくように書けるようになってきた。自分のノートはぼくの成長の記録でもあると思う」(p.13)と感想に記してある。

では、ノートに取り組む、その高い意欲はいったいどこからくるのだろうか。子どもがノートに記述するテー

マは、一般の理科授業と比べて、大きなちがいがあろうにはみえない。ちがいがあるとすれば、実験の結果までもが、教師ではなく子どもたちがまとめているということ、ノートの中身が量的にも、内容の深さの面でも、とても充実していることくらいである。よって、大きなちがいは、玉田実践における子どもの主体性の高まりによってもたらされていると思われるのである。

手がかりとなりそうな記述はある。「授業への主体的な参加なしに、自分へのするどい問いかけなしに授業の中での自分なりの記録はできないのである」(p.28)と。するどい問いかけとは何を意味しているのだろうか。この記述の直前に、「(この授業スタイルは)授業中の主体的な記録を迫るものである」(p.28)と玉田は指摘しているので、この授業スタイルには、子どもに対して無言の問いかけをもたらし、主体性に働きかける影響力を与える力がある、と解釈できないだろうか。玉田は授業の中で子ども同士の討論形式を多く取り入れている。こちらも後で取り上げることにしたい。

2-2-4 授業に主体的に参加しているかどうかは、子どものノートから判断できる

次に、教師にとって子ども一人ひとりのノートが果たしている役割を分析してみよう。子どもの理解内容やつまりきの把握に役立っているのはもちろん、把握した内容をもとに討論の進め方を企画するのに加え、討論内容を深めるのにもつなげている。「銅の酸化」の授業では、実際玉田が机間観察している際に、何か別の気体が発生しているのではないかという子どもの意見に気づき、これを授業終盤の討論でみごとに子どもの発言として引き出し、授業を発展させ、子どもたちの認識をさらに深めているようすがみられる。

教師と子どもとノートとの関係を表面的に眺めただけでは、一般的な授業と比較しても決定的なちがいはみられないかもしれないが、上記のように注意をしてみれば、玉田実践においては、ノートが子どもの主体性をはかり、高める大切な役割をはたしているとわかってくる。

2-2-5 子どもの討論の特徴

玉田実践に参加している子どもの主体性の高さには驚かされるものがある。主体性がどのようにして高まっているのか、子どもの展開する討論について踏み込んでみる。

玉田方式の討論は、子どもの意見を聞く姿勢が特徴的である。それは背筋を伸ばして人の話を聞くということではなく、人の意見から何かをみいだそうとする姿勢のことである。上述の子どもにとってのノートの役割を振り返ってみると、子ども自身の思考過程を明確にするという目的をもつ玉田のしかけがあるように思われる。

子どもは教師の投げかけを受け、まず自分の意見を

ノートにまとめる。別の意見を受けて考え直した点をノートにまとめ、実験に入る。実験でわかった本質的な内容をまとめる。この流れは討論における子どもの思考過程そのものである。下に、ひとつの実験における子どもの思考過程を簡単に表わしてみよう。

子どもの段階的な思考

予想段階→別の意見を受けて→実験結果を受けて

この段階に沿って、子どもは一つの実験につき、3回にわたって自分の思考過程をノートに記述している。そしてこれを実験のたびに繰り返すうち、他者の意見を聞くことの重要性や、自身が考えを深めていく過程に気づいていくのではないかと。

以下はそれを感じさせる子どもの感想記録である。

「理科というと算数などちがいが、知識が必要で、暗記が重点だという気持ちがあったが、それはまったくちがうことがわかった。つまり理科は考えるものである」(p.13)

「一人ひとりがわかっていることを出していったって解決にもっていき、意見がわかれたときはたとえ1人でもみんながその意見を聞き、皆でいっしょけんめい考えます」(p.14)

「心に一番強く残っていることは、少数意見がかならずしもまちがいはないということだ」(p.14)

このような子どもの記録が出てくるのは、授業における討論のもつ重要性を子ども自身がみだしているからにはかならない。授業において大切なことを、教師だけでなく子ども自身がしっかり気づいている。それには、自分の考えとともに、そう考える理由を書く(理由がわからない場合はわからないと書く)ようにとの玉田による指導が重要な意味をもっている。

上述の「理科の授業とは子どもとともに創り上げていくもの」という玉田の言葉(p.12)の前提が、ここにあるように思われる。みんなと意見を出し合い、考えを発展させたりつなげたりすること。それだけで授業が進行していく。これを子どもたちが日々実感できることで、考えることの大切さや、そのおもしろさに気づくことができ、子どもたちの主体性は自然に高まっていく。少数意見を尊重する効果は、むしろそれを聞く側にとって大きいといえよう。このような討論を実現させたのが、玉田方式の授業運営であり、何より考えをつなげることで授業が進行するしかけ、すなわち「教材の系統性と認識の順次性」なのである。

2-2-6 玉田実践における教師の役割

玉田実践において教師とは授業の司会者である。子どもが自分たちで進めていく授業といっても、そこには想定されたプログラムがあるのである。そして授業の充実

に向けてプログラムを制御し、状況に応じて新たなプログラムを追加したりする（玉田実践の具体的なプログラム展開については次章以降参照）。

一般的な教師も、学習指導要領にそって学習内容を見据えた上で、子どもの主体性が高まるようにプログラムを準備している。そして子どもの意見を板書したり、まとめたりして授業の展開をサポートする。このように司会者のような立場をとるといっただけみれば、珍しくないのであるが、筆者らの記憶にある理科実践のなかでは、たしかにたくさんの子どもの意見をうながしていたものの、そのうちのごく一部の意見しか取り上げられない授業が珍しくなかった。他方、「教材の系統性と認識の順次性」を生かした玉田実践では、核心となる論点を子どもたちの思考から確実に引き出すのに成功している。

2-3 「楽しくて、苦しい」理科授業

子どもの科学概念の形成が、教材とみごとにかみ合い、子どもたちはそれぞれが思いのままに仲間と思考をつなぎ、理科の授業を発展させていく。この章では、玉田による授業運営を、一般の授業との表面的なちがいに着目して概観してきた。

玉田実践が学習を終えたときに快感すら覚えるものなのだという子どもの感想に圧倒される。

「…私は自分たちで授業を進めていく楽しさを味わった」(p.12)、「…ほんとうに楽しく、そして苦しい2年間だった」(p.14)

理科の授業を終えた子どもたちの「楽しかった」という感想はよく耳にするが、楽しいと苦しいが同時にできたとき、もはやそれは次元の違う楽しさなのだった。

第3章：教材の系統性と認識の順次性 —玉田実践を支える理論

3-1 「教材の系統性と認識の順次性」を明らかに

2章で紹介したとおり、教師による説明を聞きながら学習者が板書を黙々と写していく授業と異なり、玉田による授業では、子どもたちが自分たちで予想を立て、それまでに学んできたことからをもとに討論し、板書を写すのではなく実験結果までも自力でノートにまとめ、基礎的な科学の概念を生き生きと学んでいく。この玉田実践を支える理論が“教材の系統性と認識の順次性”である（表1に分析した授業記録の教材全体像を示した）。

『新・理科授業の創造』¹⁾では、授業記録中の2章2節「1時間の授業は1時間だけでは成立しない—教材の系統性と認識の順次性にかかわって」にまとめた解説がある。そこで、この節の内容を中心に、玉田実践の特徴を、今後の教育実践に役立てられるようにまとめた。

3-2 「1時間の授業は1時間だけでは成立しない」

『新・理科授業の創造』授業記録1章では、「銅の酸化」の授業をくわしくとりあげている。「酸素中で銅粉を熱するとどんな変化がおこるか」という発問で始まる2時間続き80分の授業である。その授業の目標について玉田は、「銅と酸素が結びついて新しい物質＝酸化銅ができること、そしてその際、変化の前後における全質量は保存されることが、子どもたちに明確にとらえられれば目標が達成せられる」としている（p.33）。

新しくであった現象を理解しようとするとき、何か間もなくおこりそうな事態を予想しようとするとき、人間は、過去の経験から得た知識を、理解や予想のために役立てようとする。玉田実践は、この人間の習性を生かしていると考えられる。一つ一つ教材のステップをふみながら生活経験や既習事項を活用しつつ身につけた概念や知識を、その直後以降のステップで活用していくという手順をていねいに繰り返しながら、体系的な自然科学の概念の基礎が身につくよう玉田実践の教材が系統的に再構成されているからだ。

銅の酸化の80分の授業は、大きくは前後半二つに分けられ、それぞれ授業のねらいを明確にした一つの発問によって始まる。「認識の順次性と教材の系統性」を理解するために、まずは、この授業の流れを簡潔に振り返ってみよう。

第一発問「酸素中で銅を熱するとどうなるか？」から前半が始まる。

子どもたちは、以前学習した内容や生活経験をもとに実験結果を予測しノートにまとめ発表する。例えば、ある子どもは、空気中にも酸素があるのだから（空気中で反応しないのなら酸素中でも）変化しないとの予想を発表した。別の子どもは、その前の授業で実験した銅と硫黄の化合（個体と個体の変化）と同じように、銅と酸素（個体と気体の変化）が結びつくのではないかと指摘した。夏休みの自由研究での観察結果（鉄を熱すると黒くさびる）をもとに酸素と銅が結びつき別の物質になると予想し発表する子どももいる。

実験前の討論ではさらに、銅が発熱反応によって酸素と結びついて別の物質ができたとしたら、それをどう確認したらよいかも検討される。子どもたちは、既習事項である重さの増加、金属の性質（金属光沢、良導性、延展性）の消失によって確認するという意見を述べている。このように子どもたちは、それぞれの論拠のうえに、論理的に予想を組み立て、意見をたたかわせている。

討論の際、子どもたちに過去の学習を振り返らせその知識を基に考えさせるための手段の一つとして、玉田は「空気中にも酸素があるのだから熱しても変化しない」という少数意見の子どもや、意見のあいまいな子どもをも指名している。そして予想に自信をもてていない子どもにもゆさぶりをかけている。友だちの予想とその論拠を

受け止めることによって、過去の学習を振り返らせ、復習の機会を得たり、子どもたちは意見を変えたり、論拠を深めたりする体験を毎回の授業の中でしている。

授業記録には、子どもたちが予想をもとに討論しながら人の意見を聞いて予想の中身を吟味したり、実験結果を解釈したりする際に、学校の授業や生活経験を通して得た知識を総動員しながら考え学んでいるようすが記録されている。

玉田は、鍵となる「教材の系統性」の実例として、この固体と気体の化学反応を取り扱う授業の直前に、常温で固体である硫黄と銅の反応をとりあげていると述べ、それによって、硫黄と銅が熱せられて反応したように酸素と銅が反応して二つのものから一つのものができるという化学反応が予想可能になるのだと指摘している。その前提として、金属のマクロな一般性（金属光沢や良導性、延展性）を身につけているので、銅と酸化銅の区別、あるいはその直前に観察した銅と硫化銅の区別が的確につけられるのだ。

子どもたちは、それら知識を用いて、化学変化によって新しい物質が生まれたことをきちんと認識している。化学変化の際に全体の質量が保存されることを理解するには、結びつく気体にも重さがあることを実感をもって理解しておく必要がある。熱分解によって化学反応を導入するためには、熱が加わり温度が上がると、固体は液体に、液体は気体に変化するが、反対に温度が下がると液体はもとの固体に、気体はもとの液体に戻る三態変化との比較が役に立つ。

1時間の授業というのは、その前の授業があって成立することを示す一つの例を紹介した。これが何段階にも続いているのが玉田実践の特徴の一つであり、その教材のつながりを玉田は「教材の系統性」と呼んでいる。こういった系統性のある教材を扱うことによって「認識の順次性」に沿った授業が実現する。

図2には、固体+気体の化学反応に至る物質の変化の学習の教材の系統性の大枠を示してある。このように、子どもが自然の科学的事実や法則を認識していく順序が認識の順次性である。教材の系統性は、認識の順次性に裏打ちされたものである必要があり、再構成された教材の系統性の検証は実践を通してなされることになる。

3-3 「教材の繰り返しによる認識の深まりと定着」

前節では、単元と単元との結びつきを大きなスケールでみていた。「空気はものである」「金属の一般性」という二つの単元をベースに、「三態変化」から「熱分解」を経て「金属の酸化」（のなかの中単元「銅とイオウの化合」→「銅の酸化」）へ至る教材の系統性を紹介した。ついで、単元のなかの教材の繰り返しについて簡単に紹介しておきたい。「三態変化」「熱分解」「金属の酸化」といった単元ひとつひとつのなかにも、玉田は、教材の

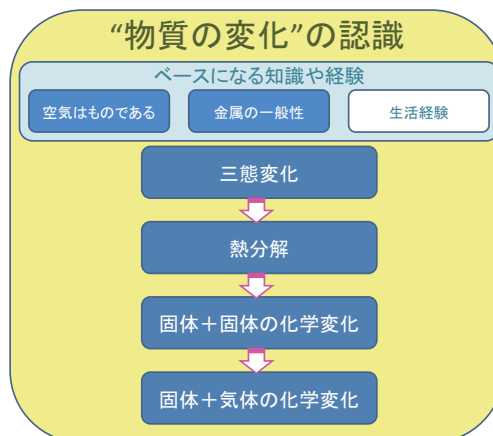


図2 物質の変化の認識を育むための教材の系統性の大枠。

「金属の酸化」単元の冒頭で、銅（固体）+イオウ（固体）の化学変化、ついで銅（固体）+酸素（気体）の化学変化を扱っている。

繰り返しによって認識を定着させるため、子どもが前回の学習で得たことを生かす工夫を取り入れている。

「金属の酸化」を例にとろう。すでに紹介した銅の酸化だけでは金属一般の酸化の概念形成は図りがたい。金属中の特殊な例をみているだけかもしれない、そのほかの金属にあてはめてよいのかどうか、子どもたちは判断できないからだ。そこで、金属の酸化の学習では、硫化を酸化と対比した銅と身近な金属である鉄の2種類をとりあげ、教師による演示実験で反応前後の重さの変化まで厳密に示したあと、児童実験によって、フラッシュのようにはげしく発光するマグネシウムと酸化物を水に溶かすと二酸化炭素の検出にもちいる石灰水ができるカルシウムをとりあげ、合計4種類の金属の酸化を扱っている。

もう一つ例をあげよう。「物の三態」では、常温・常圧で液体のアルコール、水、水銀、常温・常圧で気体となるブタン、常温・常圧で固体である食塩、ナフタリン、イオウと7種類の物質をとりあげている。こういった具体例から、玉田が「ただ単にパターンとして同じだということ機械的にとらえるのではなく、物質の多様性、変化もふくめて、その中でより共通性が明確にならなければいけない」（p.36）という経験則を主張する意味がみえてくる。

3-4 玉田実践を支える教材の多様性

学ぶ順序に有効性があるかどうか、子どもの興味や学ぶ意欲を高める授業構成がなされているかどうか。こういった問題意識をもったカリキュラムづくりの大切さは、いうを待たない。玉田実践は、獲得した知識を次の学習につなげるために、また、学習内容の定着を図るために、人間の認識に豊かに働きかける（したがって飽きることもない）多様な教材をもちいて学習の繰り返しを

図っている。大きな単元同士のあいだでも、一つの単元のなかでも、その考え方が徹底しているといっていよう。

教材の多様性という観点から、いま一度さらに詳細に、金属の酸化で登場する4種類の金属についてみたい。

銅：酸化だけでなく、酸化銅を炭素中で加熱し、銅をとりだす還元実験もみせ、銅の酸化だけで4種類の実験をしている。鉄とちがいが磁性を示さないことに着目させ子どもたちの金属概念をゆさぶることもしている。

鉄：子どもたちにとって身近な金属である。磁石の単元にも登場する。磁石の学習との関連で、金属のマクロな一般的性質が酸化によって失われるのと異なり、酸化鉄が磁性をもっていることも確かめている。

マグネシウム：酸化の際のフラッシュのようなまぶしい発光をみせその特徴を示している。

カルシウム：燃やすと酸化カルシウムになり水に溶かし石灰水ができるということに着目させている。またカルシウムに対して白い粉であるといったイメージを抱いていて、金属であるという認識があいまいな子どもに対しては延展性の確認をしている。

このように4種の金属を扱うことで、酸素と結びついて金属が別の物質になることを理解し、金属の酸化という現象が子どもたちの腑に落ちる授業実践となっている。

玉田は、「経験的にいえば、最低3回はこの繰り返しが必要であって、子どもたちの新しい教材への切り込み方をみていれば、どれだけたしかかな認識になっているかがわかるし、それによって、なお繰り返しの回数を増やすことも検討せねばならない」と述べている (p.132)。

このような取り扱いが、子どもたちの認識をますます深いものにしていくとともに、論理的に順序立てて物事を真剣に考える子どもたちの姿勢を生んだのではないか。

第4章：1人の子どもの発言を追いかけて

4-1 子どもの発言に注目する

玉田実践に登場する子どもたちは、どのような思考に基づいて予想を立てたり、討論したりするのだろうか。ここで、1人の子どもに注目し、その発言を追いかけてみることにした。

その1人に真下を選んだ理由は、これから述べるように玉田実践を体現した発言を多数しているからだ。真下の発言については『新・理科授業の創造』⁽¹⁾の座談会で五十嵐寿氏(東京・高井戸第二小学校;当時)も言及している (pp.171-172)。この五十嵐氏の指摘も参考にしながら検討していきたい。

4-2 真下君の発言を分析する

ゼミナールで読み、真下の発言を追っていくと、真下の発言に二つの特徴をはっきりと見出すことができた。一つは、今までの授業で学んだ内容を基にして考え、意見を述べているということ。二つめは、今までの生活経験とつなげて考え、意見を述べていることである。

授業見学の際、自分の意見を述べられても人の意見をじっくり聞けない子どもにしばしばでくわすが、ほかの子ども発言の受け答えから、真下が人の意見にもしっかりと耳を傾けていることも伺える。

真下について『新・理科授業の創造』⁽¹⁾で五十嵐氏が同様の指摘をしている部分をみてみよう。

「この授業記録を読んでも真下君がたいへん印象的だったんです。授業をみたときも、実にいい発言をしているわけですよね。じゃ、あの子はいったいどういう認識過程をへて、あそこに至ったのかということはずっと拾いだしてみたいです。そうしたら、一つには、授業で獲得したものを確実に使い切っているんですね。

それから、生活の中での現象と教室で学んでいることと結びつけてとらえられる—そういう子どもだなということがわかりました。そして、授業の中で、討論の中で自分を変えていくということをしているわけですね。

よく人の話を聞くし、それに対する意見も明確にできるわけです。まさしく、授業の中で育っている子どもなんだという事実を玉田さんの授業記録をたどって感じてたんです。」(pp.171-172。筆者が注目した上記2点との共通部分に下線を引いた)

では、真下の発言を分類しながら具体的に分析していこう(以下□の授業記録引用では、●は玉田、○は真下の発言)。

(1) 「授業で獲得したものを確実に使い切る」発言

<3 物の三態 (1) 液体を気体に気体を液体にする
a アルコールの液体⇔気体>
● ゴム風船の中にアルコールを入れ、熱湯をかけるとどうなるか。
・ 水は100℃で気体になって、体積が大きくなったから、アルコールも気体になれば大きくなるからゴム風船は大きくふくらみます。p.86
・ 水は100℃でふっとうして気体になるとすごく体積が大きくなるから、アルコールも温度があがって気体になると、すごく体積がふえて、風せんは大きくふくらむはずです。p.87

真下たち6年生が4年生のときの学習「物の温度と体積」「水、水、水蒸気」で、水が水蒸気になったとき体積が大きく変わる実験をすでに経験している。玉田は、その経験をふまえたアルコールが気体になるときもゴム風船が大きくふくらむという真下の発言 (p.86) のあとで、子どもたちの予想を聞いた。すると、ゴム風船が

ほとんど変化しないと予想する子どもはなく、ゴム風船がふくらむという意見がほとんどとなった。しかし、それでも、ゴム風船が非常に大きくふくらむと予想する子どもは半数以下であった。

- ・ ゴム風せんはほとんど変化しない・・・・・・・・・・0名
- ・ ゴム風せんは少しふくらむ・・・・・・・・・・19名
- ・ ゴム風せんが非常に大きくふくらむ・・・・・・・・・・16名
- ・ 見当がつかない・・・・・・・・・・1名

その後、真下は、水が気体になったとき体積がすごく増えた事実を強調し、アルコールでも同じように気体になると体積が大きくなると発言 (p.87)。それを受けて、クラスのほかの子どもたちからも4年のときの学習と結びつけた発言が続いた。

<同 c ブタンの気体⇔液体>
 ●ポリ袋に入ったブタンガスを液体にすることはできるか。p.97
 ・液体はあたためれば気体になった。だから気体の温度をどんどん下げれば液体になります。

気体は液体にできないと考えている子どもは多いわけではない。

- ・ 気体は液体にできる・・・・・・・・・・30名
- ・ 気体は液体にできない・・・・・・・・・・3名
- ・ よくわからない・・・・・・・・・・3名

前回までのアルコールの液体⇔気体、水の液体⇔気体の授業によって、アルコールや水の温度を上げていき沸点に達すれば沸騰して気体になり始めること、また反対に気体は温度が下がれば液体になることを実験で確認している。真下はこれらの結果から、「液体は温めれば気体になった」と発言し、この事実をふまえた上で、ブタンガスを液体にできるかどうかを考えている点でほかの子どもたちよりも明快な意見を述べているといえる（「液体が気体になるからといって、なんでも気体を液体にできるんですか」(p.97蔵田)との疑問を述べる子どももいる)。

上に挙げたほかにも「授業で獲得したものを確実に使いつける」発言がある。

<3 物の三態 (2) 液体を固体に固体を液体にする a 水銀の液体⇔固体>
 ●水銀を固体にすることができるか。
 ・水銀はもともと液体の状態にあって、まえに考えたように分子が自由に動けるけどつまっている状態になっているんだよ。p.105
 <同 d ナフタリン・イオウの固体・液体・気体 (児童実験) >
 ●ナフタリンの気体は水に置き換えて集められるか。
 ・ぼくは、気体が出てガラス管や水の中で気体が沸点以下にひやされ、またゆう点以下になるので集められないと思います。p.112

<5 金属の酸化 (2) 銅の酸化 a 銅粉を酸素中で加熱>

- 酸素と銅粉を熱し、酸化銅に変わったとき全体の重さは変わるか。
- ・銅粉を熱するとフラスコの酸素が酸化銅にかわって中の酸素がつかわれているから、けっきょく、重さは変わらない。p.24
- ・フラスコの中の酸素が全部使われているとはいえないから、中の酸素がうすくなっていると思います。p.24

<同 b 閉鎖系の銅の酸化・質量の保存・酸素の消滅>

- 酸素が減る、もしくは二酸化炭素ができたことを調べるためには。
- ・そうだ。その口を水の中に入れて、口を開くと中に水がはいってくるかどうかで調べられます。p.26

<同 c 銅を空気中で加熱>

- 銅板を空気中で熱すると銅はどんな変化をするか。p.138
- 小堀：…銅は空気中の酸素と化合すると思います。
- ・ぼくも小堀君に賛成です。小堀君につけくわえて、空気中には1/5酸素があります。前に酸素中で銅を熱したとき酸化銅ができたから、銅と空気中の酸素が化合して酸化銅ができます。

いずれもこれまでの授業で学んだことを生かした発言である。真下が、授業で学んだことをその後の授業とつなげて考えられるのは、1時間1時間の授業内容がしっかりと消化でき、自分のものになっていることの表われだといえよう。

(2) 「生活の中での現象と教室での学習内容とを結びつけてとらえる」発言

<2 金属>
 ●金属について知っていることは。p.66
 ・金属は山とかにいて、石の中にふくまれていて、石を熱してどろどろにしてとりだすのです。
 ●金属の性質。なぜ見た目でわかるか。p.67
 蔵田：金属は光を反射しているのではなくて、物が光っているんだ。
 ・蔵田君はそういうけど、金属をまっ暗なところにおいても光らないから、光を反射して当たっている。金属はひじょうに光を反射しやすく、不透明でつやがある。（「賛成、賛成」の声）
 ●金属には電気を通すものと通さないものがあるのか。p.76
 ・豆電球が光るということは、フィラメントに使われているのも電気を通す。

金属は身のまわりにあふれている。しかし、金属は金属光沢をもち、電気の良導体であり、延展性があるとい

う三つの大きな特徴を押さえられている子どもは少ない。真下の金属に関わる発言は、生活と結びついている。金属を真っ暗なところに置くという自分の経験や、金属は石に含まれていて熱して取り出すというテレビ視聴か本で読んだ経験からの意見だろう。

<4 物の熱分解 (2) 炭酸水素ナトリウムの熱分解>

- 重曹を入れた試験管を熱したらどんな変化をするか。p.125
- ・ホットケーキを食べるとき、ひえてももとの重そうにもどらないから、熱分解だと思います。

炭酸水素ナトリウムを熱すると三態変化するのか熱分解するのか、子どもたちが討論している。教師(玉田)が「みんなのうちで重曹を何に使っているか知ってる？」(p.124)と問いかけたことや、「ホットケーキに使うだろう」(p.124)と語りかけたことで、子どもたちはサイダーやホットケーキの具体的な現象を基に発言している。真下も同じように自分がホットケーキを食べたときのことを思い出して発言している。このときは教師がふだんよりも意図的に、子どもたちが生活経験と結びつけて考えるように仕向けたのではないか。

<4 物の熱分解 (3) 砂糖・でんぷんの熱分解>

- 氷砂糖と試験管に入れて熱すると、どのように変化するか。p.129
- 宇賀神：さとうは食塩などと同じようなものだから、三態変化すると思う。
- ・反対です。前に牛乳にさとうを入れてあたためたとき、はじめまくみたいなのができて、こぼれて火事みたいになったけど、あとにさとうはこのこらなかったから熱分解すると思う。
 - 熱すると分解して炭ができるようなもの、炭素を成分として持っている物にどんな物があるか。p.130
 - ・動物の肉などもそうだと思います。動物の肉をやきすぎると、こげて炭ができるから。

砂糖の熱分解については真下が具体的な経験を挙げて意見を述べている。ほかの子どもも「砂糖は飴になるから三態変化だ」「こげてしまうからちがうものができる」(p.129)というように生活経験と結びつけて述べているが、真下は自分の経験やその場面の状況をより細かく述べている。熱すると炭ができるようなものについて、牛や豚と特定の動物をいわずに「動物の肉」と述べていることから、真下は生活経験から具体的なことを考え、一般化していると考えられる。

以下に、ほかの「生活の中での現象と教室での学習内容を結びつけてとらえる」発言を挙げる。

<5 金属の酸化 (2) 銅の酸化 d 酸化銅から銅を取り出す>

- 酸素が減る、もしくは二酸化炭素ができたことを調べるためには。

・そうだ。その口を水の中に入れて、口を開くと中に水が入ってくるかどうかで調べられる。p.26

<同 b 閉鎖系の銅の酸化・質量の保存・酸素の消滅>

- 酸化銅から銅を取り出せるか。
- ・一酸化炭素をおくって熱してもいいんじゃないかな。ガス中毒の話で一酸化炭素をすうと人間のからだの中の酸素をうばうからおこるときいたけど、一酸化炭素をいれば酸化銅から酸素をうばうのではないかと思う。p.145

<6 炭素・硫黄の酸化 (2) 炭素の酸化>

- 二酸化炭素から炭素を取り出すことはできるか。p.158
- 小堀：いままで勉強した中で酸素とはげしく化合したのはマグネシウムなのだから、強烈に二酸化炭素の酸素をうばって炭素ができると思います。
- ・ナトリウムという金属を事典で見ただけど、ナトリウムではだめですか。

これらの発言から、真下が、いま目の前にある事象と似たようなこと、関係していそうなことを自分なりにつなげて考えて発言していることが読み取れる。生活経験という具体的な例を取り上げて自分の意見を述べるため、まわりの子どもにとって、同じような経験をそれぞれが自分なりに考える手助けとなっている。

(3) そのほかの発言

①質問

- 酸化水銀の熱分解の実験の結果をまとめた後
 - ・二つの物が結びついてできた物は熱すると熱分解するのではないですか。p.119
 - 硫黄の気体の中に銅網を入れると、銅はどんな変化をするのか。
- 石戸：私はよくわかりません。銅がすこしやわらかくなるだろうとは思うけど…。
- ・石戸さんは銅が変化しないということ？ p.135

②返答

- 見えないアルコールを見えるように図に書いて説明。p.102
- 小堀：運動するだけの空間があるんだったら、その空間はなんですか。
- ・その空間は真空で目に見えない。顕微鏡でも見えない小さい粒がでたらめにぶつかりあってちぢむのをさけている。
- 鳥海：粒が運動しているんだったら、風せんはいびつにならないか。
- ・すごく小さい粒がととてもとでもたくさんあるから、ふうせんはちぢまないし、いびつにならないと思います。すごく小さい粒は大きさも重さもかわらない

で、液体のときはあまり動いてないが、熱湯をかけて温度があがると、すぐく運動がはげしくなってバラバラになり、真空ができる。真空ができて風せんがちぢまないのはちぢもうとするのを粒がぶつかりあってたえているからです。

<炭酸水素ナトリウムの熱分解の授業>p.128

T: 後に残ったものは何だろう。

- ・理由はないけど、あとに残ったものは炭酸ナトリウムだと思います。

T: どうして知っている。

- ・家にあるのでみたことがある。

T: 何に使うの。

- ・わかんない。

- 金属について知っていること。

- ・金属は光を反射しやすく、音を伝えやすい。p.65

- 見えないアルコールを見えるように図に書いて説明。

- ・(4班を代表して) こういう1粒1粒がわかれてバラバラになって、熱のためにバラバラになったのがきそく正しくなくてたために動いていると思います。そして風せんをおしてひろがるのです。p.101

鴨川: 粒がちらばっているんだからふくれるよ。

- ・粒がちらばっているだけだというけど、数が同じで重さがかわらないことはいいけど、風せんはふくらまない。粒は液体のときあまり運動してなくて、熱湯をかけると、すぐく運動するようになってバラバラになってふくらむ。p.102

③付け加え・賛否の表明

- 銅粉と酸化銅を別々に試験管に入れ、塩酸を加える。銅は変化しないが、酸化銅は塩酸に溶ける。
- ・銅と酸素が化合してできた物は塩酸を加えたら黄色になったといったけど、塩酸が黄色になったんだ。p.23

- ポリ袋に入ったブタンガスを液体にすることはできるか。

小堀: この気体はいまの温度で気体です。だからふっ点はうんと低いのだから、もっともって温度をさげればよい。

- ・小堀君のいうとおりです。ふっ点以下になるまで温度をさげればいいのです。p.97

- 二つの物が結びついてできたものが熱分解するのではないか。

小堀: …酸化水銀は酸素と水銀がかたまっているって、それが熱せられてバラバラになり、水銀と酸素にわかれたんだと思います。

- ・小堀君のとちょっとちがう。いま書いたように酸素と水銀がいっしょになって、一つの水銀の分子になり、それがきそく正しくならんでいて、それが酸化水銀の黄色い固体なのだと思います。酸化水銀が熱せられると、分子の運動がはげしくなり、しまいには水銀も酸素もバラバラになってわかれてしまったんだと思います。p.122

④ひらめき

- ・わかった。(大きな声を出す) p.119
- ・炭酸水素ナトリウムだ。(炭酸水素ナトリウムを見て) p.124

⑤そのほか理科に関する知識

- 酸素の中で銅粉を熱したらどんな変化がおこるか。
- ・銅の原子と酸素の原子がぶつかって別の物ができるんです。p.19

授業実践記録にでてくる発言数は以下の通りとなる。

授業実践記録の中の全発言・・・・・・・・464

児童の発言・・・・・・・・391

先生の発言・・・・・・・・73

真下の発言・・・・・・・・33

真下の33の発言の分類

- ・「授業で獲得したものを確実に使い切る」発言
・・・・・・・・9
- ・「生活の中での現象と教室での学習内容とを結びつけてとらえる」発言・・・・・・・・8
- ・「そのほか」の発言・・・・・・・・16

4-3 真下君の発言からみた玉田実践の意義

真下の発言の特徴を、「授業で獲得したものを確実に使い切っている」「生活の中での現象と教室で学んでいることと結びつけてとらえられる」という2点に注目してみてきた。しかし、これは真下の発言の特徴であるだけでなく、玉田実践の特徴であるともいえる。教材の再構成や、子どもたちにじっくりノートを書かせることで、子どもたちの物質認識が確実なものになっていったのではないだろうか。

なお、今回は真下の発言に焦点を当てたが、今まで授業で学んだことと結びつけた発言や、自分の生活経験と結びつけた発言をしている子どもが多い。小堀や蔵田(発言数は二人とも40回)も興味深い発言をしているので、参考にしてもらいたい。

ところで、1976年に公立の小学校で実現していた玉田実践を、現在の小学校でそのまま実行するのは不可能だろう。なぜなら、1977年改訂の学習指導要領で小学校5,6年の理科は週4時間から3時間へと削減されるなど、現在の小学校理科は内容も時間数も当時よりも縮小してしまっているからだ。1976年当時、学習指導要領の範囲を越えて、子どもたちが深く、しかも生き生きと物質概念の基礎を学んでいたとはいえ、その後、大幅に理科が縮小されてしまった。今回取り上げた玉田実践と現

在の小学校理科の実態との溝は深く、広いと予想される（むしろ物質概念の基礎を学ぶこの玉田実践には、中学校理科の内容にふさわしい内容が多いのではないか）。

とはいえ、玉田実践の理論には学ぶところは大きいといえよう。①教材と教材の結びつきを子どもの認識の順次性に沿って豊かにしていくこと。②本研究ノート6章で議論されるノート、机間観察、意図的指名を活用した討論の組織。③それによって、学習者一人一人が問題を発見し、何が課題なのか意識して、その謎解きに自ら取り組もうとするアクティブ・ラーニングを実現すること。④そしてその実現のためには、実践を通して「認識の順次性と教材の系統性」の理論を磨いていく必要があること。

玉田実践を通して教師という仕事の奥深さを確認し、ゼミナールに参加した学生、教員全員が新たな目標をみいだせたと考える。

第5章：子どもの「頭の引出しを上手に使う能力」をみる

5-1 頭の中の“引出し”の存在

『新・理科授業の創造』¹⁾ 輪読の中で、筆者の一人（下山）は、授業を受けている子どもたちが実験の数をこなしていくにつれて、各実験前に子どもたちが予想を立てる場面で、前回の授業までに経験した実験の結果や、教師や同じ教室の子どもから学んだことを引用して答えを導き出しているようすをみてとった。さらに読み進めると、その子どもたちの前回までの実験を振り返るという行為が、実験の順番を事前に考えていた玉田の計画（＝教材の系統性）によって生み出されていることに気づかされた。子どもたちが示したこのような認識の深まりの多くは、ある実験の後に別の実験をどう示せば、子どもがその授業までに習ったことを次に生かせるのか、このこと（＝認識の順次性）を熟知した玉田による想定範囲内であったのではないかと思う。

そこで、この第5章では、タイトルでも提示した「頭の中の引出し」による説明を試みる。

子どもは、あるとき強い衝撃あるいは感銘を受けて知った事実を頭の奥底に記憶している。頭の奥底に保存されたその記憶は、かなりの年月の間消えることはなく、それらに関連する事項が情報として頭に入ってきたときにふいに呼びおこされる。ふいに呼びおこされることによって記憶は更新され、さらに忘れられにくくなる。

これを頭の中にある記憶の「引出し」の構造による作用だと仮定してみよう。子どもは、自分の頭の中の引出しに、大切だと感じたり筋が通ったと感じたりした情報を無意識にしまっている。そのため、それにつながる別の事項に出会った際、その記憶を取り出して関連付けることで、その事項を自分で解釈している。

引出しの中の情報をもって解釈した事項は、新たな情報として引出しの中にしまわれやすい。もしかすると、引出しはいくつもあって、それぞれの引出しの中にある記憶に関連した情報が、引出しを開ける鍵となっていることも考えられる。

ある情報が頭の中に入ったとき、それに関連した記憶がいくつも呼び起こされることがあるが、その場合には似たような記憶が入っている隣合せの引出しをいくつか開けているか、似たような記憶が一つの引出しと一緒にしまわれているかしているのだろう。

引出しの中の情報を取り出す行為は、意識的なものなのか、無意識的なものなのかはわからないが、子どもの頭の中にはこういった構造が存在していると考えるのは、学習の有効性を検討する上で、妥当だと考える。

もちろん子どもだけでなく大人もこの構造をもってはいるが、知らないことが多く、自我がはっきりしていないが学ぶ機会を多く持っている子どもの方が、この引出しの開け閉めの回数は多い——つまり、活発に引出しを活用しているということだ。

ここでは、玉田実践の分析を進めていくために、頭の中の引出しに入っている情報（記憶）は、子どもの学びの産物なのだととらえてみる。この頭の中の引出しの存在があるため、子どもは前回までの授業で学んだ事項を引き出して（引用して）、自分の知識として次の授業で活用することができる。

この授業記録に登場する子どもたちは、頭の中の引出しを活用する能力がすんなりと発揮されているように感じられる。子ども自身が学ぶことに意欲的であることもあるが、玉田が計画した実験の順番が、子どもたちのそういった活動を促しているように思われる。

以下では、「頭の中の引出し」を用いて、とくに子どもの「頭の引出しを上手に使う」場面に着目して、玉田実践を分析していく。

5-2 子どもの発言にみられる“引出し”の活用

子どもの発言やノートから、実際に頭の引出しを上手に使っているようすを取り上げていく。

今回は、とくに素晴らしい引出しの活用がみられた『第1章「銅の酸化」1時間の授業』（p.16～）と、『第10章 金属の酸化—物質の不滅性と変化』（p.134～）、『第11章 金属の酸化—多様な物質を』（p.144～）の各章の内容を実験の順番に沿って追っていき、“化合”というキーワードに注目して整理した（表2）。

ここでとりあげた記憶の引き出しモデルは、短期記憶が長期記憶となって人間の脳に収まる過程についての最近の認知科学の研究成果を参考にしたものである。表2の分析対象となった「金属の酸化」に関する実験は連続的に実施されているため、子どもたちが前回までの実験をしばらく覚えていて、次の実験の予想のときにはすぐ

表2 子どもが「頭の引出し」を上手に使う場面。

表1の「5金属の酸化—物質の不滅性と変化」(『新・理科授業の創造』¹⁾1, 10, 11章)を対象に, 児童の発言とノートを取りあげて, 子どもの脳の中で情報の記憶化を決定づけている事項を明らかにした。既習事項(☆)20が新規事項(★)4よりも圧倒的に多い。すでに経験・学習した事項を子どもたちが活用しながら, 金属の酸化について新たな教材で繰り返し学び, 内容の理解を深め, 情報を知識として記憶にとどめる玉田実践の特徴が浮き彫りになった。

実験の順番	児童の発言・ノート	情報の記憶化を決定づける 既習事項(☆)と新規事項(★)
◎銅とイオウの化合(第10章) ・イオウの気体の中に銅あみを入れると, 銅はどんな変化をするだろう。 ↓ (結果) 銅はイオウと化合して硫化銅になる。	「一つの物質から新しい二つの物質ができるのなら, 二つの物質をむすびつけて新しい物質をつくりだせないか」 「銅のまわりにイオウの固体がつく」 「酸化水銀を熱すると分解して水銀と酸素にわかれたんだから, その逆に銅にイオウがついて変化する」 「銅がイオウと一緒に変わって変化するのなら, イオウの分だけ重くなるはず」	☆酸化水銀が分解して, 水銀と酸素ができる(=一つの物質から新しい二つの物質ができる)。 ☆鉄が酸素の中で燃えたとき, ベつの物ができた気がした。(児童の記憶) ★銅とイオウが結びつく(化合する)とき, 反応熱がでる。 ★「化合」は二つの物質から新しい一つの物質が生成すること。 ☆物にはすべて重さがあり保存される。(質量保存則) ★重くなった分はイオウの重さである。
◎銅の酸化(第1, 10章) ・酸素の中で銅粉を熱したら, どんな変化が起こるか。(第1章) ↓ (結果) 銅粉は酸素と化合して酸化銅になる。	「銅は別の物質に変わる」 「銅と酸素は化合する」 「酸化銅になる」 「銅は酸素と化合して黒さびができる」 「銅と酸素が化合したら重くなる」	☆銅とイオウの化合の実験 ☆鉄は熱せられると黒さびができる。(児童の経験) ☆「化合」 ☆「硫化銅」 ☆金属は空気中で熱するとくろさびができる。 ☆化合すると重さが増える。
・銅板を空気中でガスバーナーで熱すると, 銅はどんな変化をするか。(第10章) ↓ (結果) 銅板は酸素と化合して酸化銅になる。	「空気中にある物と化合する」 「空気中の酸素と化合して酸化銅ができる」	☆銅とイオウの化合の実験 ☆銅粉の酸化の実験 ☆酸素中で銅を熱すると酸化銅ができる。 ☆「酸化銅」
◎金属の酸化(第11章) ・鉄を空気中で熱すると, どんな変化がおこるか。どんな性質のものができるか。 ↓ (結果) 鉄は酸素と化合して酸化鉄になる。	「空気中の酸素と化合する」 「酸化鉄になる」 「鉄と酸素が化合して酸化鉄になるとき, まっ赤に発熱する」	☆銅板の酸化の実験 ☆「酸化銅」 ☆銅とイオウが結びつく(化合する)とき, 反応熱がでる。
・マグネシウムリボンを空気中で熱すると, どんな変化がおこるか。 ↓ (結果) マグネシウムリボンは酸素と化合して酸化マグネシウムになる。	「空気中の酸素と化合し, 発熱する」	☆酸素中で銅を熱すると酸化銅ができる。 ☆銅とイオウが結びつく(化合する)とき, 反応熱がでる。
・カルシウムの酸化 ↓ (結果) カルシウムは酸素と化合して酸化マグネシウムになる。	「空気中の酸素と化合する」 「石灰なんか金属と全然関係ないと頭の中にもなかったのに, 物のせいかにはいろいろつながりがあったとてもおもしろい」	☆これまでの化合の実験 ☆「石灰水」 ★カルシウムは燃えると酸化カルシウムとなり, それが水に溶けると水酸化カルシウム水溶液となり, これが石灰水である。

に思い出せただけのようにもみられるが, 長期記憶として子どもの脳の引き出しに収まれば, 失われない状態で定着していると考えてよいだろう(引き出しを開けて記憶した情報を引き出せるかどうか, もちろん重要だが)。各化合の実験で, 最終的に重さを量らせることによって, 二つの物質が結びついて化合した事実を強調している。これが, 情報を記憶(玉田は「知識」と表示している)

として繰り返し定着させるのに役立つものと思われる。

5-3 “引出し”が子どもの“おもしろい”をもたらす理科学習の構築を

「理科という教科において, 子どもが“おもしろい”と感じる瞬間は, これまで学んできた情報が, ある事象

あるいは別の情報と結び付いた時である」(市瀬)。

子どもは、あるとき強い衝撃あるいは感銘を受けて知った事実を頭の奥底に記憶している。そして、強い衝撃や感銘というのは、子ども自身の頭の中の引出しが生み出しているといってもよい。引出しの中の情報があって初めて、子どもの中で二つあるいはそれ以上の事象・情報がつながり、「おもしろい」という感情が生まれる。

子どもが「おもしろい」と感じるときは、「何かに役立ちそうだな」だとか「自分がこれまでに習った何かに関係しそうだな」と解釈したときであり、それを強く感じた瞬間、すなわち衝撃や感銘となったときに、その情報は記憶として頭の中の引出しにすんなりしまわれる。表2に示したとおり、玉田の理科授業実践では、この瞬間が多く生み出されており、生徒は理科の授業自体に興味を持ち続けている。

本ゼミナールのなかででたコメントにつきのようなものがあった。「理科の授業では、いくら考えても答えが出ないことでも、実験という事実の提示により絶対の答えを導き出すことができ、最後には必ず子どもが納得することができる」(市瀬)。

理科の授業における実験という武器は、子どもがある事項を解釈するのにたいへん役立っている。また、実験により答えを導き出せる内容であることも、理科という教科の長所でもある。

子どもの学びの力は無限大である。それを助ける頭の中の“引出し”の構造に着目すれば、子どもの理解のために、教育者としてもう一段階上をいく授業展開を構築できるのでないだろうか。玉田泰太郎のように。

第6章：理科授業における意図的指名

6-1 「ずれによる創造」とは

6-1-1 「ずれによる創造」との出会い

筆者の一人(市瀬)は、本学部に赴任する前に、長野県で15年間(1976～1992年)小学校の教諭を経験している。当時の勤務校では1967年から静岡市立安東小学校に入って指導をされていた上田薫を招いて、盛んに彼の授業論に基づいた実践を展開していた。

市瀬は、初任の松本市立筑摩小学校で、上田薫の著書『ずれによる創造』(1973)⁽¹¹⁾を読みあい、実際に上田から授業指導も受けた。そこでは、子どもたちの実態を徹底的に把握し、子どもによりそった座席表教案による教育が実践されていた。また授業後は、授業記録に基づいた個々の児童の背後に迫る議論が熱心に展開された。

上田薫は「生きた授業を成立させるために」という授業論を以下のようにレクチャーしている⁽¹²⁾。それぞれの内容については、もう少し詳しく説明しないと、どういう意味かわからないと思うが、本論文では玉田の著書に

ついて論ずるので、項目だけにとどめる。詳しくは参考文献に掲げたWeb⁽¹²⁾をみてほしい。

●三原則

- 1 計画は必ず破られ修正されなくてはならない
- 2 正解は常に複数である
- 3 空白を生かしてこそ理解は充実する

●三方策

- 1 迷わせ分からなくしてやること
- 2 教えないこと、少なくとも教えないこと
- 3 教科の枠にとらわれぬこと、授業時間にこだわらぬ事

●六つの具体策

- 1 立ち往生せよ
- 2 山を作れ
- 3 拮抗をせよ
- 4 ひっくり返しをせよ
- 5 あとを引く終末にせよ
- 6 ひとりひとりに向かえ

●六つの問いかけ

- 1 自分のコンディションを整えることに忠実であるか
- 2 子どもが教師の意図に合わせようとしているのに見えるか
- 3 タイミングに心を配るゆとりを持っているか
- 4 忘却と思い起こしを生かさそうとしているか
- 5 一人を通じて多くの子をとらえる姿勢を持っているか
- 6 不都合と思うことに身を寄せていこうとしているか

初任のころ徹底的にたたき込まれた上記の上田薫の授業論がしっかりとしみついている市瀬が、初めて玉田の本を見たとき、両者の内容とかなり似ていることに気づき驚いた。玉田は1927年生まれ。上田薫の活躍した1970年代にはすでに授業論を確立し、多くの論文や著書を出している。また科協教や日教組の大会で発表している^{(1) (4)}。従ってここでは、学生たちの視点を重視した2～5章とは異なる観点から、玉田の授業論の分析を試みる。

なお、玉田の本の副題である「物質概念の基礎を教える」については、興味ある話題であるが、私はすでに魚津市吉島小学校の実践「熱伝導の本質に迫る子どもの発言」⁽¹³⁾として2005年に本センター紀要に書いているので、そちらを参照されたい。

6-1-2 意図的指名は是か非か

各小学校の研究紀要をみると、その中に「ひとりひとりが自分の考えを持って生き生きと…」という目標が多いことに気づかされる。しかし、たいていの指導案では、児童の実態を鋭くとらえた授業構成がなされていないし、座席表教案で示されるような意図的指名をするほ

どの深さはみられず、ただ授業の流れがあるだけのものが多い。

授業研究会などでその話をすると「意図的指名をして教師の計画に当てはめたような授業は、子どもの自由性や可能性を奪っている。ただ教師のねらいや枠にはめられているだけだ。ひとりひとりが、自分の考えを持ってやれるようにするには、断じて意図的指名なぞしてはならない。子どもの自由な発想に任せるべきだ」という根強い反発がある。

だとすれば、はたして意図的指名は是なのか非なのか、これについても玉田実践から例をひきながら考察したい。

6-2 玉田氏の理科の授業はいかにしてつくられてきたのか

『新・理科授業の創造』⁽¹⁾ pp.164-177には「第13章 理科の授業をつくる」という題の座談会が掲載されている。詳しくはそれを見てほしい。以下そこに書かれた内容について私の考えを述べる。

6-2-1 すべての子どもを生き生きと

こんなことが本当に可能であろうか。教師15年の経験の中で私は、自分のクラスではまったくできなかったし、多くの学校の授業でそんな姿をみたことはほとんどない。たまたま、本当に発言が多く、先生の意図したままに授業が進む授業がある。一見すると生き生きとした授業であるように見え、研究会で絶賛される。しかし、その授業の前に教師が優秀な子に「この場面で〇〇と授業のなかで発言してくれ」とこっそり頼んでいる場面をみたことがある。

クラスに先生の気持ちをよく理解する子がいて、授業の流れの中でこういうことをいえば、先生の意図とはちがうから、こういった方がいいと考え発言する子がいる。授業分析の経験者には、あまりに唐突な、しかし教師の意図に沿った子どもの発言がたぶんそれにあたるのだろうと、授業をみていてすぐにわかることがよくある。

しかし玉田の授業は、まったく違う。上田薫のいう間があり、子どもたちが真剣に考える静かな時間がある。

座談会「理科の授業をつくる」で瀧川洋二は玉田の授業について、「子どもが予想をたてられるぐらいの手立てを事前に与えている」と分析している。玉田氏の授業の構成は例えば、三態変化の授業も、熱分解の授業も、そしてイオウと銅が結びつくという授業も前にやっけて、その中から「銅の酸化」の授業で予想をたてさせる、子どもの実態をしっかり把握して用意周到に仕組まれたものである（本研究ノート3章も参照）。

玉田の授業記録をみると明らかに、子どもの発言が中心になって進んでいる。しかも、静かに授業が進み、子どもも気取らずに、そして論理的に進められている。生

き生きとというのは、子どもがただ勝手に思いついたことをべらべらしゃべる授業ではない。静かに、確かに、そして柔らかかに考えているとき、授業には上田薫のいうように、間があり、静けさがある。子どもの思考が進むときなのである。

だいたいにおいて教師は授業でしゃべりすぎるのが一般的で、質問も「どう思うか」などとあいまいな場合が多い。子どもが考えていると、教師は、怖くなり、答えに近い、あるいは答えを誘導するような発言をしてしまう。そうして子どもは混乱していくのである。授業の間は子どもの考えが深く深く進行しているときなのである。発言がないときほど、教師が予想した以上の考えを子どもはめぐらしているものだ。

まさに上田薫のいう「ずれ」の瞬間である。この「ずれ」がどうして生まれたか、例えば、こう発言するだろうと思っていたあの子が予想に反したことをいったとき、どうしてそうなったのか、自分がその子をみるどこにまちがいがあったか、あとで、授業記録をみながら、みなで考えてみる。そこに大きな「創造」が生まれるのである。

6-2-2 意見を全身で聞く

玉田の授業記録の映像をみると、子どもが発言するとき、全員が発言する子の方を向き、熱心に耳を傾ける。一言も聞きもらすまいという感じだ。そして終わるとすぐにノートに自分の意見を書き始める。しかもその記述は論理的である。

6-2-3 意図的に書かせる

玉田はいう。

「授業を組織するときの問題として、一人ひとりが何を考えていて、どういう発想で、どういう切り込み方をしているかを知ることが非常に大事だ。それをどういう形で教師が受け止めるか。顔色をみたり、目玉を見たりすればわかるという人もいるけれど、やはり顔色や目玉ではつかみきれない問題がいっぱいあるわけですね。

とくにひじょうに違った発想をする子だとか、さっきの話題にでてきたわかりのおそい子だとか、そういう子どもたちがどんなことを考えたり、どこでつまづいているのかということを明確に教師がキャッチしていないと授業の組織はできないわけですね。

その点で、一つには指摘されたように意図的に書かせることを授業の中に位置づけることを始めたのです。

実際、僕は子どもの頭の中を知りたいんだけど、具体的な形で全部の子どものことを知るのにはむずかしい。

それを文章で子どもたちが表わしたものによって知ることができる。そのことによって、子どもたちの考え方を全体のものとして引き出してくることもでき、授業を組織する場合の僕自身の手がかりにすることができるのです。

そういうときに、子どもたちが機械的な記述をすることじゃなくて、自分の文章をどういうふうにかと書くかという問題にぶちあたるとか、自由な自分の考えを書いていいんだとか、自由に自分の考えを出していいんだという保障をどうやっていくかということを、授業の中で教師の大事な役割として考えなくてはならないんじゃないか」(p.169)。

まったくその通りである。そういう雰囲気があってこそ子どもたちは自由に発想し、自由に発言する。ただそのときに気をつけなければならないのは、前の授業でやったことや過去の経験から、子どもが「…だからこうなるんだ」といえるような授業を仕組まねばならないことだ。玉田実践では、授業における意図的指名の必然性とその内容について考察する必要がある。

6-2-4 文章によるまとめと机間観察・討論の相乗効果

この座談会によると玉田氏が10年前と変わった点は頻繁に子どもたちの間を歩き回り、討論の組織化を考えたことにあるという⁽¹⁾。討論の組織化に際には、机間観察を通して子どもたちが書いた文章の内容から一人ひとりの考えを読み取る作業が役に立っている。

大人にとっても子どもにとっても、文章に書くという仕事はむずかしい。客観的に自分をみること。それは自分を一度つき離して、見直す作業である。わかっていたつもりでも、いざ書いてみると書けない、そういうことは大人であるわれわれにだってある。文章に書くと重要なことが抜けていたことに気づく。書くことによって自分自身を意識し直す。このことが大事なことである。書く作業と、子どもが書いた文章の内容を生かした討論とが、この気づきを深いものにしていくのだ。

実験の際には、自分が何を学んだのかを明確にする。ただ「わかった。わかった」だけでは「何が」わかったかわからない。文章にまとめることによって何が明らかになり何がたりなかったのかがわかる。そして、発表や討論を通して、友だちの文章とつきあわせることによって、自分の実験のつかみ方が本質的でなかったとか、不適切だったとか、そういうことが意識できる。

6-2-5 意図的指名

この著書の授業記録をていねいに読むと、玉田は、よくわかっていない子や、迷っている子から指名していく。そうすることで、問題を全体のものにしていくのである。玉田の発問は決して長くはない。またあいまいさもない。考える時間を十分にとる。非常に周到に仕組まれた授業である。

ただ、こんなに優れた玉田でも予期しない「ずれ」が生ずることがある。この授業記録にも予期しない発言で玉田が多弁になる場面がある。しかし、授業はストップしないで、この「ずれ」から子どもたちは自分たちで、玉田の力を借りないで授業をつくりあげていく。これこ

そが正に「ずれからの創造」である。

玉田は子どもたちの実態を鋭くとらえ、それに応じた授業を仕組む。しかし、それが「ずれ」たとき、自ら反省し、「同じ授業はできるだけしないようにしている。そのため記録から学んで次の授業を構成していく」と述べている。

6-3 玉田による授業づくりの要点

玉田の授業づくりの要点は以下にまとめられる。

- (1) 基礎概念の探求とその組み立て構想。
- (2) 内容は少なく教材は豊かに。
- (3) 徹底的に実験を見る。友だちの考えを聞く。
- (4) 精選され吟味された短い発問。
- (5) 途中で発問を変えない。考える時間を十分にとる。
- (6) 自己を客観しさせながら意図的に書かせる。
- (7) 徹底した机間観察と記録。その間に次の授業を構想する。
- (8) わからない子、迷っている子から意図的に指名する。
- (9) 意図的指名から「ずれ」が生じたとき、玉田をぬきにして子どもたちが自ら授業を自分でつくりだしていく。

筆者の一人(市瀬)は、15年の小学校の理科授業で、前述したいくつかのことに同感し、かなりの実践を試みた。しかし、なかなかうまくいかなかった。この著書では玉田でなければできないことも多い。しかし、最初は真似でもいいので実践していく価値は十分にある。

意図的指名については、かつての座席表教案の実践からそうであるが、市瀬は「是」とする。むしろ、何も考えず挙手した子どもだけで授業を進めたり、無理矢理、教員の考えに合う子、授業を進めやすい子を指名することの方が問題である。

もちろん、意図的指名にもつまづく場合は多々ある。しかし、そのときこそ、その「ずれ」にこそ、そして、何も子どもが発言せず、深く考えている時にこそ「創造」があるのである。

玉田の授業記録や本研究ノートに目を通す機会を得た学生たちにも、そこまで深く考えた授業づくりをしてほしいと切に願うものである。さらには、松井吉之助や瀧川洋二がいうように、われわれはいま一度、玉田の実践を見直し、多くを学ぶ必要があると感ずる。

7章：まとめと展望

各章ごとに各論の分析結果をまとめてきたとおり、玉田実践の具体的内容を読み込み、報告することができた。以下、第1章の各節に即してまとめと展望を述べよう。

7-1 「ゼミナール」の成果はあったか

前期に開講の「ゼミナール」の成績評価にあたり、各人がそれぞれに視点でレポートを提出することを決めた。同時に、たんなる感想文ではなく、玉田実践を分析した事実記載をもとに独自の論を展開する文章づくりを課題として、また、共著の研究ノートとして本センター紀要への投稿を目標として掲げた。そのため、お互いの執筆テーマにはそれぞれ関連性があるようにするが、重なりを避けるようにした（テーマに重なりがあってもとくに問題とならない個人レポートとはその意味で異なる課題となった）。

レポート締め切りは、8月22日。その前後に到着した第1稿について、学生と教員とで8月末までやりとりを重ねブラッシュアップした現行を、共著原稿にふさわしい順番で束ねたものが本稿となった。レポートを投稿原稿につくりかえる際に、共著原稿の流れに沿った表現の統一、本文推敲を含む編集作業をしてあるが、学生による分析や文章構成のオリジナリティは基本的に維持されている。その最終的な評価は読者に委ねるべきだろう。しかし、玉田実践をここまで深く読み込み、大学の紀要原稿にまとめられるレベルでの表現にたどりつけた点で、ゼミナールでの試みには確かに成果があったと考えられる⁽¹⁴⁾。

一方、学生と地域、世界を結ぶ共通財産の発信と活用を取り入れた、この種の試みによって、学生や教員自身が社会化され、自分たちの活動の意義を相対化しつ新たな目標をもてるよう今後も努めていきたい。

7-2 玉田実践を取り上げる意義を確認

戦後「最盛期」の理科カリキュラムを、当時のままの学年で実施するのは困難であろう。だが、認識の順次性を想定しながら教材を豊かにしていくこと、ノートや机間観察、意図的指名を活用した討論の組織など、多くのヒントが得られた。

今後は、富山を初めとする各地での実践に基づく授業づくり研究との比較によって、1970年代に理科教育が一つのピークを迎えたときの成果をたんに過去のものとして賞賛するに止まらず、現代的価値のある形に学生たちとまとめていきたいと考えている。それは、学生たちの財産にもなるだろうし、大学での理科教育法授業、理科支援員向け研修、11年次研修、教員免許更新研修などで直接的に活用可能になろう。インターネット上にバーチャル科学教育資料館を構築し、公開する計画も、本年度総合演習のなかで学生たちが進めている。

7-3 「自主性」vs「指導性」問題を解くヒント

系統性のある教材に沿ったカリキュラム、ノートの活

用による意図的指名や、子ども同士の討論によって、教師の指導性が学習者の自主性を高いレベルで発揮させている玉田実践の特徴が浮き彫りになった。

玉田実践も、板倉聖宣らによる「仮説実践授業」や丸本喜一らによる「自由な試行活動」と同様、学習者による「自主性」と教師による「指導性」の関係は、どちらを優先すれば反対にどちらかが弱まるというものでは必ずしもないことを示している。玉田らの実践に学ぶ授業運営の工夫によって、ある種の制限をつくりだし、子どもたちが自主的に生き生きと学べるようになることも明らかとなった。

今回の分析結果は、「自主性」vs「指導性」問題を解くヒントとなる。

7-4 「人間の認識」はどう育まれているのか

本研究ノートのタイトルとした「人間の認識」がどう育まれるかの考察は、理科教育に限らず、人間の認識に働きかけ「違和感を味方にする」科学コミュニケーションの基礎理論にとっても得るところ大である。

コミュニケーションを図る相手をもつ素朴概念や生活・学習経験、知識や興味などをふまえ、その期待に応えるような語りかけ、問題提起の設計は、コミュニケーションの豊かさをもたらすだろう。そしてそれは、相手の知識の少なさを問題にするよりも、さまざまな相手にあわせられるよう自らが懐をより深く鍛えていくことのほうが大切であることを示唆している。

このように「人間の認識」の理解は、科学コミュニケーションの双方向性⁽²⁾を高めるのにも役に立つ。

謝辞

玉田泰太郎の授業を掘り起こし、世に紹介して下さった松井吉之助先生に深く感謝いたします。本稿執筆にあたって、玉田実践に関するいろいろなことをメールや電話で教えていただきました。稲葉敏雄先生には、原稿改訂に役立つ指摘を多数いただきました。編集委員には、ていねいに査読していただきました。

参考文献および脚注

(1) 玉田泰太郎：新・理科授業の創造——物質概念の基礎を教える，新生出版（1997）。1976年の授業記録を1977年4月から翌78年3月まで『理科教室』誌上に連載。その連載がまとめられた，玉田泰太郎：理科授業の創造——物質概念の基礎を教える，新生出版（1978）の増補版が，読み込みに使った本書である。1978年版が第I編「理科授業の創造」にそっくりそのまま収録されているのに加え，理科教育研究仲間（理科授業の理論化研究会）からの寄稿が並ぶ第II編「『理科授業

- の創造』に学ぶ』、玉田自身が1988年から96年の間に『理科教室』などに書いた記事を集めた第III編「理科授業の創造への道」が増補されている。なお、『理科教室』バックナンバーは創刊600号記念の復刻版DVDに1958年の創刊時から2004年までの各号が収録されているので、上記のオリジナル論文ほか玉田による多数の報告を手軽に読み返せる。
- (2) 例えば、林 衛・加藤和人・佐倉 統：なぜいま「科学コミュニケーション」なのか？、生物の科学 遺伝、1月号科学コミュニケーション特集号—特集にあたって(2005) 30-34；林 衛：市民科学革命の道具としての「科学技術社会コミュニケーション」、富山大学人間発達科学部紀要、第1巻、第1号(2006) 81-91
- (3) 鈴木宏昭・館野泰一・杉谷祐美子・長田尚子・小田光宏：Toulminモデルに準拠したレポートライティングのための協調学習環境、京都大学高等教育研究、第13号(2007) 13-24
- (4) 「理科の授業づくり入門」編集委員会編著：理科の授業づくり入門—玉田泰太郎の研究・実践の成果に学ぶ、日本標準(2008)の経歴にもとづく。600ページ足らずの大部となった本書は、玉田らを中心とした民間科学教育研究が終戦後から高度経済成長期にどのように発展したのかを知る最新資料のひとつである。玉田泰太郎は、1927年1月愛媛県松山市に生まれ、第二次大戦中の1943年12月に海軍兵学校入学、45年10月の卒業後、教育の道を志し、1946年6月愛媛師範学校3年に編入学している。1947年3月に愛媛師範を卒業した玉田は、翌4月に愛媛県越智郡亀岡村立亀岡中学校教諭(数学担当)となる。戦前と戦後の教育激動期を体験している点は、本研究ノート中にも紹介した丸本や板倉と共通している。1949年3月31日付で東京都品川区立第二日野小学校教諭に転じるとともに、4月から東京理科大学第二部数学科第3学年に編入、同校を1951年3月に卒業。1952年4月から品川区立宮前小学校教諭、同校在職中に理科を専門とする。1969年4月から1985年の退職まで理科専科を中心に渋谷区立長谷戸小学校教諭を務めた。退職後も「理科授業の理論化研究会」を創立するなど教育研究に打ち込む。がんとの闘病生活を経て2002年4月に亡くなっている。
- (5) 江川多喜雄・小佐野正樹・高橋 洋：どうする小学校理科 新学習指導要領の検討、子どもの未来社(2008)
- (6) 玉田泰太郎の父俊正は、1945年8月15日に敗戦を知り、それまでの教育に責任を感じ、国民学校校長を退職したという。
- (7) 板倉聖宣：仮説実験授業の研究論と組織論、仮説社(1988) p178。初出は、仮説実験授業研究、No. 12(1977)収録の「仮説実験授業の形成と論理」(2008年9月1日受付)
(2008年11月5日受理)
- (8) 丸本喜一指導・富山市立八人町小学校：想の投入と発想の転換—わかる理科の授業創造、初教出版(1980)；丸本喜一編著『発想を育てる理科の授業』初教出版(1985)全6巻(1年から6年)。丸本は、1911年(明治44年)高岡市に生まれ、富山県師範学校卒業後、富山県内で教職につく。1944年東京に移り、東京高等師範教導(のちの東京教育大附属小学校教諭)となる。1975年に定年退職するまで、選挙で選ばれ教頭を務めた1961年からの2年間をのぞく、小学校教員生活42年間のほぼすべてを担任として子どもたちとともに教育実践を重ねてきた。富山との関係は深い。理科の研究校であった前述の富山市立八人町小学校には1965年から20年間継続的に協力者・指導者として招かれている。国学院大学栃木短期大学教授職を得た1975年以降は、教育研究、教員養成と成果の出版を続ける。当時、北軽井沢の丸本山荘での夏合宿には、2泊3日の日程で富山県内から初等理科研究グループが続々と交代で訪れ、丸本の指導のもと、研究授業の指導案を作り込んでいったという。
- (9) 林 衛：富山の科学教育財産「再発見」と「活用」理科支援員新制度を生かして、日本理科教育学会(福井)発表予稿(2008)
- (10) 本稿は、執筆者間の議論に基づく共同執筆によるが、各章ごとの最初の原稿執筆の責任は以下の通りであった。第1章：林、第2章：長谷部、第3章：谷川、第4章：相川、第5章：下山、第6章：市瀬、第7章：林。
- (11) 上田 薫：ずれによる創造、黎明書房(1973)
- (12) 上田 薫トークライブ：<http://www.tcp-ip.or.jp/~syaraku/ueda2.htm>
- (13) 市瀬和義・長田英行：熱伝導の本質に迫る子どもの発言—小学校4年「金属板のあたたまり方」の実践から、富山大学教育実践総合センター紀要、第6号(2005) pp.59-68
- (14) レポート締め切り直後の9月の人間発達科学部附属中学校での教育実習では、その成果は現われたのだろうか。この授業実践とは異なる力学(中学1年)や生殖(3年)といった単元で、最終的に討論こそ組織しなかったが、生徒の認識の実態を机間観察でとらえ、それをただちに授業展開につなげようとの試みはあった。もちろん、厳密な検証ができるような研究デザインにはなっていないのだが、玉田実践を取り入れる検討をしたうえで、実現可能な要素を採用した結果であることは指摘できる。