



Tokyo Gakugei University Repository

東京学芸大学リポジトリ

<http://ir.u-gakugei.ac.jp/>

Title	初等物理教育における「Physics Suite」型学習の展開(個人研究・共同研究)
Author(s)	堀井, 孝彦
Citation	東京学芸大学附属学校研究紀要, 36: 55-64
Issue Date	2009-06-00
URL	http://hdl.handle.net/2309/105230
Publisher	東京学芸大学附属学校研究会
Rights	

初等物理教育における“Physics Suite”型学習の展開

東京学芸大学附属世田谷小学校 堀井孝彦

目 次

1. はじめに — “Physics Suite” とは—	56
2. 日本における “Physics Suite”	56
3. “Physics Suite” 型学習の初等物理教育への導入	57
4. 「“Physics Suite” 型学習の初等物理教育への導入」における成果と課題	58
5. 初等物理教育における “Physics Suite” 型学習の展開	59
6. “HOMEWORK” (宿題) の活用	61
7. おわりに —成果と課題—	63

初等物理教育における“Physics Suite”型学習の展開

東京学芸大学附属世田谷小学校 堀井孝彦

1. はじめに — “Physics Suite” とは —

“Physics Suite”（物理スイート）とは、米国メリーランド大学 E.F.Redish 氏らのグループによって開発された、大学教養レベルを対象とした、物理教育統合パッケージソフトである。この“Physics Suite”は、教師への案内書である“Teaching Physics with the Physics Suite”を中心として「実地研究」「ナラティブ」「実験」「対話式講義実験」「個別指導」「ツール」「ワークショップ」が、地図上に配置・構成されている。⁽¹⁾⁽²⁾

“Physics Suite”が開発された背景には、大学教養レベルの学生に対して伝統的な講義を行っても、それほど効果が上がっていないという現実がある。そこで、メリーランド大学をはじめとしたいくつかの大学で、この“Physics Suite”の考え方に基づいた物理教育が行われるようになった。

ここで言う伝統的な講義とは、今まで日本の大学でも数多く行われてきた、教師から学生への、言わば「一方通行」による講義のことである。

“Physics Suite”に基づいた物理教育では、上記のような何種類もの授業方法が巧みに組み合わせてある。ここでは、“Active Learning”という手法が積極的に採り入れられており、特に、「ワークショップ」や「実験」等の時間においては、学生が自ら活動しながら、授業が展開していくというものである。大学院生や上位学年の学生によるチューター制度も充実している。また、対話式講義実験は、伝統的な講義の「一方通行」に対して、「相互通行」となっている点はその大きな特徴である。その中では、選択形式の質問、教師と学生との対話、演示実験、学生同士の話し合い活動等が採り入れられている。特に、選択形式の質問において、学生は「クリッカー」という装置を用いて回答し、その結果はコンピュータで集計され、瞬時にスクリーンに表示される。匿名性が保たれているため、学生の評判もよいという。E.F.Redish 氏が担当する授業の場合は、たとえ200名以上の学生を対象とした講義であっても、20名程度のグループに分かれて話し合い活動を行い、学生同士の相互作用を大切にした Interactive な授業を実践している。その効果は、学習内容の定着をはじめとして、顕著に表れているとのことである。⁽³⁾⁽⁴⁾

2. 日本における“Physics Suite”

日本においては、平成18年度から平成19年度にかけて、覧具 博義東京農工大学教授（現名誉教授）を代表とするグループが、「初中等教育と大学教育の連携による物理教育の相互接続の改善」という課題の研究（平成18年度～平成19年度科学研究費補助金（基盤研究(C)）課題番号18500654）を行った。

その研究報告書冒頭のはしがきには、「Physics Suite を議論の足がかりにして、認知心理学の成果などを取り入れた物理教育研究の新しい動向を調査し、米国での実践状況の視察や高校や小学校の教育現場での試行を行って、日本の物理教育の改善と発展の手がかりを探った。」⁽⁵⁾ とある。

上の研究を契機に、このグループ（Physics Suite 研究会）への参加者を中心として、主に大学・高校において、これまで Physics Suite 型の授業を多数試行してきた。また、「Physics Suite 研究会」は、現在もその参加者数を増やしながら、研究を継続・発展させている。そしてゆくゆくは、日本版の Physics Suite も生まれることになるのであろう。

一方、“Active Learning”に着目してみると、京都地区において、「Physics Suite 研究会」よりも早い時点で、「Advancing Physics 研究会」が組織されている。「Physics Suite 研究会」が、通称「京都グループ」と呼んでいる「Advancing Physics 研究会」は、「Physics Suite 研究会」とも相互交流を図りながら、“Active Learning”を導入した新しい物理教育についての研究を行っている。

3. “Physics Suite” 型学習の初等物理教育への導入

初等教育を行う場である小学校には、言うまでもなく「物理」という科目は存在しない。したがって、小学校における物理教育は、「理科」という教科の学習を中心として行われるものである。平成20年3月28日には、新しい小学校学習指導要領が公示されたが、その中では、新A区分「物質・エネルギー」に位置付いている。

小学校理科の場合、取り立てて“Active Learning”と言わなくても、元来実験・観察等の活動を行いながら授業が展開していくものではあるが、E.F.Redish 氏の“Physics Suite”からヒントを得るものも多い。また、東京学芸大学附属世田谷小学校（以下本校とする。）の場合は、相互啓発的学習観に立ち、児童同士の相互作用を伝統的に大切にしながら授業を実践している。つまり本校では、古くから Interactive な授業が行われてきたのである。そのため、これまで長年にわたって本校理科研究部が取り組んできたことは、E.F.Redish 氏の“Physics Suite”と合致する面も多い。

平成19年度の研究「“Physics Suite” 型学習の初等物理教育への導入」において、特に重点をかけて取り組んできたのは次のようなことである。

3-1 仮説の設定における話し合い

小学校理科の問題解決過程において、近年しばしば、「仮説」という言葉が取り上げられるようになってきた。これまでも、「予想」という言葉は、授業の中でよく使われてきたが、「仮説」は「予想」よりも、1 ランクグレードアップしたものである。つまり、「仮説」においては、単なる結果の「予想」だけではなく、何らかの手がかりに基づいて結果を予測し、その筋道を自説として主張していくことが大切になる。

本校理科研究部においては、「子どもとともにつくる理科学習」、つまり、児童一人一人の願いや求め、問いを可能な限り出発点としながら、子どもとともに学習問題をつくりながら展開していくというスタイルの授業を実践してきた。というのは、このようなスタイルの授業を実践していくことにより、児童一人一人の「学びの原動力」に根ざした主体的な学びが成立すると考えているからである。児童が帰属意識を持っている学級で、仲間とともにつくった学習問題を共有しながら学んでいくことは、言わば、一つの土俵の上での学びであり、児童の活動の充実はもとより、児童同士の相互作用が活性化していくことにも繋がるのである。

そこで、皆でつくった学習問題に即して、自らの仮説を立てていく。例えば、第5学年の「ふり子の周期」の学習では、「小球の重さを重くすると、ふり子が一往復するのにかかる時間は長くなるのだろうか？」という学習問題をつくった場合、その学習問題が授業の目標にそくして、明確化・具体化された適切なものであれば、児童は自ずと「A:長くなる」「I:変わらない」「U:短くなる」という予想をする。これに「E:その他」を加える。このとき、子どもに選択肢を与えるのではなく、子どもが自ら選択肢をつくることに大きな意義がある。裏付けとなる説明は、衝突の実験を通して学んだことやブランコ遊び等の生活経験に基づいてノートに記述していく。そして、一定の時間が過ぎたのちに、児童はこれらの中から一つだけ選んで、自分の番号のマグネットカードをホワイトボードに貼り付ける。マグネットカードの片面は黄色で、もう片面は緑色である。元本校教諭で、現在弘前大学准教授の中野 博之氏に倣って、「自分の考えに自信がある場合には黄色、今一つ自信がない場合には緑色を貼りましょう。」という指示を出す。

そして、いよいよ話し合い活動の開始である。この内容の場合は、児童がイメージしていることと実際のギャップが大きいため、大抵の場合は、「A:長くなる」「I:変わらない」「U:短くなる」にうまく分散することが多い。そこで、「自分の考えとは違う人や今一つ自信がない人をさがして、次々と自分の考えを説得しましょう。」という具合に、E.F.Redish 氏が話し合い活動の前に、学生に対して出すものと同じような指示を出すと、5年生の場合、教室が騒然とするような状況で活発に議論する。自説はそう簡単には譲らない。

こうして、学習内容に対する認識が十分高まったところで実験に取りかかると、子どもたちのさらなる意欲が見られるようになる。この方法は小学生にも適していると言える。

3-2 ワークショップ形式の実験

通常小学校理科では、いわゆる「単線型授業」の中で生活班によるグループ別に実験（グループ実験・班別実験）を行うことが最も一般的である。主として中学年で、時には、「一人一実験」（個別実験）という形態をとることもあれば、全学年に共通して、授業のまとめの段階で実証・再現するために教師が演示すること（演示実験）もある。

一方、かつての個別化・個性化教育の流れの延長線上にあるとも言える「複線型授業」の中で、グループ別に異なる実験を行うこともあった。しかしながら、「実験方法によって児童の学習内容が異なり、本質的に大切な部分がどの実験でも保障されているとは限らないこと」「児童や班によって学習内容が異なるために、これらの共有をめざしても、なかなか共通の土俵の上での相互作用や共通理解が生まれにくいこと」等の問題があった。現在、このスタイルの実験はあまり行われていないものと思われる。

ところが、「複線型授業」の元来のメリットも大きい。問題解決の筋道は多様なものであり、その多様な見方・考え方は保障されるべきものである。そこで、ワークショップ形式の実験が一つの有効な方法となる。つまり、一つの目標への到達をめざした複数の実験を用意し、児童はこれらの各実験の中から複数を選択しながら学習していくのである。本校では通常45分×2時間続きの90分間で理科の授業を行っているが、90分間のすべてをワークショップ方式の実験に使ったとすれば、実験内容にもよるが、少なくとも三つから四つの実験を行うことができることであろう。

ただし、学習指導計画上で、ワークショップ形式の実験が適した場面と適していない場面があるのは、言うまでもない。ワークショップ形式の実験は、児童がある程度学習を積み重ねて、基礎的基本的な知識・技能がそこそこ身に付いた段階でこそ、効果が上がるものである。そこで一つの単元の中では、必然的にその後半に位置づけられることになる。

4. 「“Physics Suite”型学習の初等物理教育への導入」における成果と課題

小学校の理科学習は、前述の通り元々“Active Learning”そのものである。そのため、“Physics Suite”型学習の導入にあたっては、それまで行われていた本校の理科学習と“Physics Suite”との間で合致している考え方を見出すとともに、それをベースとして、“Physics Suite”において実践されている方法を採用入れることにした。

平成18年度には、第5学年「ものがうごくってどんなこと？—物体同士の衝突とふり子の周期—」の学習において、「自分たちで仮説を立てて自分の考え方を明確にしながら議論し、異なる考えの人を説得する」という方法を採用入れた。相互啓発的学習観に立ち児童同士の相互作用を大切にしながら授業を実践しているとは言え、近年、特に高学年児童の発言が減少しているという実態がある。生活班などの小グループでは、実験中をはじめ、相互作用が活性化する場面が多数あるが、全体の場となると特定の児童の発言ばかりが目立つようになる。こうした傾向は本校に限ったものでもないものと思われる。このような状況の中で、「異なる考えの人を説得する」という方法は、児童にとって大変刺激的であったということがその時点での子どもの姿から伺うことができる。

平成19年度には、第6学年特設「わたしたちの生活と電気」の学習において、ワークショップ形式の実験を採用入れた。この時点では、まだ新学習指導要領は公示されていなかったが、いわゆる「電気の利用」の導入が確実視されていたため試行的に実施したものである。電気の学習は比較的短時間に行うことができるという特性があるので、児童が複数の実験を行うことを前提にした場合でも、ワークショップ形式を採用入れるのが容易である。例えば、電流による発熱の実験では、「ニクロム線の発熱」「カーボン抵抗の発熱」「電球の発熱」「シャープペンシルの芯の発熱」「電熱器の発熱」等を取り扱った。ここでも、多種多様な実験に取り組み

ながら積極的に学ぶ児童の姿が見られた。

これらの方法は、今まで本校で行っていたスタイルの授業を若干アレンジしただけで実施できるものであり、しかも、児童の活動や相互作用がより一層活性化する。その点、新しい学習指導要領の実施に伴うカリキュラムの改訂の際には大いに役立つものと考えられる。

現段階での大きな課題としては、大学や高校と異なり、小学校教員の場合は物理教育だけに特化して研究活動に取り組んだり授業実践したりすることが困難であることが挙げられる。また、「Physics Suite研究会」に所属している数多くの大学・高校教員の多大なるサポートがあるとは言え、本研究が依然として個人研究の域を出ていないため、なかなか研究が進捗していかないこともまた、大きな課題である。

しかしながら、本研究の究極の目標は、日本の小学校版の“Physics Suite”を作成することであるので、現段階では、一つでも多くの実践を積み重ねていくしかないのである。そして、物理教育界や理科教育界に、小学校の現場から発信し続けていくことが大切であると考えている。

5. 初等物理教育における“Physics Suite”型学習の展開

平成20年度は、これまでの取り組みをもとにして、第5学年「ものがうごくってどんなこと？—物体同士の衝突とふり子の周期—」と第6学年「わたしたちの生活と電気」の授業実践を行った。これに加えて、第5学年「てこのはたらき」、第6学年「電磁石のふしぎ」の授業においても、“Physics Suite”方式を採用し、さらには物理領域以外の学習内容にも適用範囲を広げた。その場合も、物理領域と同様に、より一層積極的に学ぶ児童の姿が見られるようになった。ただし、平成18年度～平成19年度の場合は、学級担任理科による授業実践であるのに対して、平成20年度の場合は専科理科での実践であり、単純に比較できない面もある。

E.F.Redish 氏の“Physics Suite”の考え方を採り入れた授業を始めて3年になるが、その間第5学年・第6学年の学級担任として、また理科専科として、第5学年・第6学年それぞれ4学級ずつ、同一単元の「ものがうごくってどんなこと？—物体同士の衝突とふり子の周期—」と「わたしたちの生活と電気」の授業実践を積んできたため、基本的な授業展開の方法がおおむね確立した。学習指導計画の作成、および、授業実践にあたって、留意したいことは次の通りである。

- 児童同士の相互作用が期待される場面は、「学習問題づくり」「仮説の設定・検討」「実験・観察」「結果に基づいた結論の導出」等であるが、“Physics Suite”でいう相互作用が期待されるのは、「仮説の設定・検討」の場面である。小学校理科の学習内容の場合、実験・観察等の結果がかなり明らかになるものがほとんどであり、実験結果という事実を受け入れた児童の間で、意見の対立は起こりにくい。ただし、そのほとんどが具体的操作期の発達段階にあると言われている小学生の場合、日常生活に基づいたもの見方・考え方、いわゆる素朴概念がかねらの思考を支配しているため、その点を注意する必要がある。一方、視点を変えると、素朴概念が思考を支配しているからこそ、「仮説の設定・検討」の場面が盛り上がるという見方もできる。
- 比較的短時間に行うことができる物理領域の実験の場合、ワークショップ形式を採用するのが有効である。複数のワークショップを体験することによって、従来の「複線型授業」で、いくつかの実験の中で一つしか体験できない、あるいは、複数の実験から明らかになったことを学級の中で共有しづらいという状況を回避できるため真の意味での個別化個性化教育へと繋がる。ただし、ワークショップ形式が適した場面は、児童の基礎的基本的な知識・技能がある程度身に付いた単元の後半である。単元の前半は、従来通りの積み上げ型の授業を地道に行っていくのが望ましい。なお、このことは、「複線型授業」についても同様であると言ってよい。

ここで、以上の考えに基づいた学習指導計画（5年「ふり子の周期」）の一部を示す。

学習過程・教師の発問・児童の活動	子どもを支える手だて・留意点
<p>○ ふれはばを変えたとき、ふり子が一往復するのにかかる時間は変化するのかどうか調べる。</p> <p>T：まず一つ目の条件「ふれはば」について調べていくときどのような学習問題になりますか。</p> <p>C：「ふれはば」を変えると、ふり子が一往復するのにかかる時間が変わるのか。</p> <p>C：「ふれはば」を大きくすると、ふり子が一往復するのにかかる時間が長くなるのだろうか。</p> <p>C：もしかしたら変わらないかもしれないので、時間が長くなると言わない方がいいと思います。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>ふれはばを大きくすると、ふり子が一往復するのにかかる時間は変わるのだろうか。</p> </div> <p>T：ここで仮説を考えていきます。</p> <p>T：この学習問題に対して、どのような仮説が考えられますか。そのわけも考えましょう。</p> <p>C：ふれはばを大きくするとそれだけ小球が動く道のりが長くなるので、一往復するのにかかる時間も長くなると思います。(→選択肢「ア」)</p> <p>C：ふれはばを大きくすると小球が動く道のりは長くなるけれども、その分小球が速くなるので、一往復するのにかかる時間はそれほど変わらないと思います。(→選択肢「イ」)</p> <p>C：ふれはばを大きくすると小球が速くなるので、一往復するのにかかる時間は逆に短くなると思います。(→選択肢「ウ」)</p> <p>T：そのほかに考えはありますか。</p> <p>T：ほかにはないようなので、一応「エ」そのほかを書いておきます。</p> <p>T：自分の考えに近いものを選んで、マグネットを貼りましょう。</p> <p>T：マグネットを貼ったら番号を見て、自分の考えと違う人や、自分の考えと同じでも「緑色」のマグネットを貼った人を探して、自分の考えを説得してみましよう。できるだけ、何度か人を変えて、話し合うようにしましよう。考えが変わったら、マグネットの場所や色を変えてもかまいません。</p> <p>C：(話し合いを開始する。) <以下略></p>	<p>【目標】「ふれはば」があまり大きくない範囲では、「『ふれはば』を大きくしても、ふり子の周期は、ほとんど変化しない」というきまりを見出すことができる。</p> <p>◇条件を考えると児童によっては、「高さ」「角度」という言葉を使うことも予想される。その場合、図を用いるなどして、できるだけ具体的に「ふれはば」と同じ条件であることについて、十分確認してから学習問題づくりに入っていきたい。</p> <p>◇現象の観察から結論をイメージさせるため、実際に、児童の前でふり子を振って見せる。ただし、児童に操作させると結果が分かかってしまい、思考を活性化させることができないので、演示にとどめること。このほか、「ブランコ遊び」等、生活の中での経験を生かしながら、考えていくことができるようにしたい。</p> <p>◇教師が選択肢を与えるのではなく、学習問題に即して児童に自ら考えさせるところに意義がある。結果を予想し、その理由を考えながら自ら仮説を立てる時間をある程度確保するとともに、自分の考えをノートに記述させる。</p> <p>◇第5学年児童の知識では、「ふれはば」が小さいときには、周期はほとんど変化しないが、角度が40度を超えると周期が長くなっていくという予想は出てこないものと思われるが、「その他」という選択肢を残して、「ア」「イ」「ウ」以外の発想も大切にする。</p> <p>◇自説に自信がある児童には「黄色」のマグネットを、今ひとつ自信がない児童には「緑色」のマグネットを貼らせる。</p> <p>◇「黄色」のマグネットを貼った児童には、自分と考えが異なる人や「緑色」のマグネットを貼った人を探して、自分の考えを説得するよう話す。</p> <p>◇「緑色」のマグネットを貼った児童には、自分と考えが人だけではなく、できるだけ多くの人と議論するよう話す。</p> <p>◇マグネットの場所や色は、随時変更してもよいことにする。 <以下略></p>

こうして、対立点が明確になるので、議論が非常に活性化し、毎回教室が騒然とした状況になる。

6. “HOMEWORK”（宿題）の活用

学級担任による理科授業の場合は、ノート指導等を通して、常時宿題のサポートが可能である。これまで実際に、学級担任として理科の授業を行っている年度には、「学習日記帳」と名付けた復習専用のノートを、児童に2冊ずつ持たせた。（「日記帳」とは名ばかりであるが、毎日学習して日記のように記録するのでこのようなネーミングにした。）2冊のノートはそれぞれ「A」「B」とし、一日おきに「A」のノートと「B」のノートを提出させては目を通し、赤ペン指導をしてきた。その内容は理科だけではなく、すべての教科・領域にわたっているが、教科・領域間の学習の転移が見られ、毎日継続して取り組んでいる児童であれば、思考力・表現力が格段に向上した。

ところが、専科理科となると、このような形でのサポートができない。そこで平成20年度は、“Physics Suite”の“HOMEWORK”を参考にして、理科の授業がある度に、各学級の児童に対して、宿題を出すことにした。例えば、第6学年の「電磁石のふしぎ」の学習では、次のような宿題を出した。（3回分を掲載する。）

○HOMEWORK No.6-19

6年 組（ 番） 名前

1. ふつうの磁石と電磁石を比べたとき、その性質や働きが共通している点とちがっている点について分かりやすく説明しましょう。
2. 鉄製のゼムクリップを用いて、電磁石の働きについて調べる実験を行いました。
 - (1) 電磁石についたクリップの数を調べる実験を行うとき、同じ実験を少なくとも、5回程度行います。5回程度同じ実験を行う必要があるわけを書きましょう。
 - (2) (1)のデータはどのように処理すればよいのでしょうか。その方法を分かりやすく説明しましょう。
 - (3) 学習感想を書きましょう。

○HOMEWORK No.6-20

6年 組（ 番） 名前

1. 電磁石を強くするために、「乾電池を直列につなぐ数を増やす」「コイルの巻き数を増やす」という二つの条件を考えました。どのように条件制御しながら実験を行えばよいのでしょうか。分かりやすく説明しましょう。
2. 乾電池1本のとき電磁石についたゼムクリップの数の記録を整理し、5回の平均の個数を求めましょう。
3. 乾電池2本を直列つなぎにしたとき、電磁石についたゼムクリップの数の記録を整理し、5回の平均の個数を求めましょう。
4. 学習感想を書きましょう。

○HOMEWORK No.6-21

6年 組（ 番） 名前

1. 電磁石を強くするために、「乾電池を直列につなぐ数を増やす」「コイルの巻き数を増やす」という二つの条件を考えました。どのように条件制御しながら実験を行えばよいのでしょうか。分かりやすく説明しましょう。（再度確認！）
2. コイルが100回巻きするとき、電磁石についたゼムクリップの数の記録を整理し、5回の平均の個数を求めましょう。（再度確認！）
3. コイルを200回巻きにしたとき、電磁石についたゼムクリップの数の記録を整理して、5回の平均の個数を求めましょう。
4. 今回の実験結果から明らかになった結論をまとめましょう。
5. 学習感想を書きましょう。

“Physics Suite”の一つの要素となっている“Real Time Physics”を見ると、大きく分けて、実験の予習問題とも言える“PRE-LAB PREPARATION SHEET FOR LAB n”と実験書としての“LAB n”、そして、宿題の“HOMEWORK FOR LAB n”の各部分に分けられる。⁽⁶⁾今回はその宿題に相当するものを作成してみた。

E.F.Redish氏によれば、「宿題は学生に物理を学ばせるのに本当の価値を持ちうるが、逆に悪い宿題は“事実と方程式で充分だ”というような見方を補強するような悪いメッセージを送ってしまう。(中略)私の学生のうち少なからずの人数は、私の授業がめざしているものは、単純に数値代入することだと思ってしまうのだ。(中略)もしかれらが質問について適当に書き、練習問題に全部○をもらい、部分的にでも点がもらえるのに十分な程度のこと書ければ、課題について全部分かったと満足してしまうのだ。(中略)練習問題の抜け道を教えてしまえば、何人かの学生は、もはや最小限の努力しかなくなるだろう。この抜け道を閉ざすための冷徹な試みとして、宿題の一部として、練習を課すことをやめてみた。代わりに、出題の数を減らし、少ない題数の難しめの問題、論述問題や文章題を与えることにした。(以下略)」とある。⁽⁷⁾⁽⁸⁾

これは日本の小学生にも当てはまることであり、上のような形式の“HOMEWORK”を出したときには、すぐに答えを求める児童の姿が大変気になった。第6学年の場合、進路指導の関係もあり、やむなく解答例を配布したこともあったが、それはE.F.Redish氏の「練習問題の抜け道」にはかならないのであろう。

この“HOMEWORK”は、当初は授業の終わりに配布していたが、「Physics Suite 研究会」の先生方によって、「問題数をもっと減らすか、配るタイミングを変えてみてはどうか。」というアドバイスがあり、それ以来授業の半ばで配布することに変えた。授業の開始時にしなかったのは、それでは授業の流れが子どもにとって見え過ぎてしまい、「子どもとともにつくる授業」、そして「問題解決学習」が不可能になるためである。

子どもとともに学習問題をつくり、その問題に対する仮説を立てて、必要に応じて議論を行い、実験・観察等に入ろうとしたところが、ちょうど配り時である。児童は実験・観察等を行いながら、“HOMEWORK”に沿って、ノートに結果や気づいたこと、明らかになったこと、疑問に思ったことを記録していく。家庭学習の習慣が確実に身に付いている児童であれば、この授業ノートに沿って、再度ノート整理を行うことであろう。

“HOMEWORK”の問題は、基礎・基本に徹しており、至ってシンプルである。しかしながら、一部を除いて、思考力・表現力を必要とするものばかりである。また、最初の頃は行間をあけて印刷していたが、ノートに自分の考えを書かずに、そのままプリントに答えだけを書きこんで宿題を済ませたことにしている児童が目についたので、その後は行間をあけるのをやめた。

こうしていろいろと試行錯誤しながら、理科専科の立場としての、家庭学習のサポート方法を確立してきたが、現在の“HOMEWORK”は、答えが与えられることばかりを急ぐ児童にとってはまさに冷徹なものとなっているに違いない。たとえ“HOMEWORK”の答えを丸暗記しても、学習の手続きはまったく進んでいないのである。このタイプの児童の場合、自作問題によるテストを実施しても、その結果もまた今一つ伸び悩む傾向にある。何とか誤った方法で学習していることに気づかせたいのだが…。

ところで、“HOMEWORK”に関して、これからやっていかななくてはならないことの一つが内容の吟味である。E.F.Redish氏が言われている通り、宿題自体は意義深いものではあるが、その内容が悪いと、ただ問題を解けばよいという状況に陥るのである。その点、「No.6-20の2と3」「No.6-21の2と3」の問題は、ともすると「平均を求めてそれでよし」とすることを誘発する問題である。しかしながら、これらの問題に、「その方法も説明しましょう。」と付け加えるだけで、問題の質的なグレードが向上する。

平成20年度は、第5学年・第6学年ともに、物理領域以外も含めると、それぞれ40枚以上の宿題プリントをつくってきた。これらの内容を吟味し、質的な向上を図ることにより、小学校版の“Physics Suite”の一部が確立されることになる。学習指導要領が新しくなり、学習指導計画を書き換えていく今こそ、HOMEWORKを同時進行で整備していくチャンスでもあると言える。

7. おわりに 一成果と課題一

7-1 成 果

平成20年度は、平成18年度～平成19年度にかけて取り組んできたことを追試する形で授業を実践した。本校において長年にわたって実践されてきた相互啓発的学習観に立った理科授業と“Physics Suite”の考え方の接点を求めつつ、“Physics Suite”のさまざまな手法のうち、小学校理科でも可能なものを、少しずつ採り入れながら実践してきた。

平成18年度～平成19年度は、学級担任として第5学年、および、第6学年の授業を行った。小学校の学級担任の場合、たとえ理科を研究教科としていても、大抵の場合は、他教科・領域の授業を多数担当しており、児童との関係も必然的に密になるので、一つの授業スタイルを築きやすい。潜在的カリキュラムとも言われる、いわゆる“Hidden Curriculum”（隠されたカリキュラム）⁽⁹⁾も機能しやすくなる。

それに対して、平成20年度は、理科専科として第5学年、および、第6学年の授業を行った。理科専科の場合、本校では第5学年、および、第6学年の各3学級ずつ計6学級の理科を担当することが多いが、学級による児童の実態の違いがあり、理科専科教員がそれぞれの学級文化に合わせて授業を実践していくことになる。専科教員と児童との間における“Hidden Curriculum”が機能するようになるまでに相当の時間がかかる。あるいは、機能せずに一年間が過ぎることもある。専科の場合は、学級担任以上に「1時間の授業で勝負」という色彩が強い。



教室騒然！専科理科でも担任理科と同様の効果があった

それは言うまでもなく、一週間に各学級とも約3時間しか時間がないという物理的限界があるからだ。

第5学年「ものがうごくってどんなこと？—物体同士の衝突とふり子の周期—」と第6学年「わたしたちの生活と電気」の2単元において、学級担任のときと同様に、“Physics Suite”型の授業を実践できるかどうか、多少不安があったが、前者の場合は仮説検討における話し合いに、後者の場合はワークショップ形式の実験に重点をかけることにした。その結果として学級担任のときとほぼ同様の授業を実践することができた。対立点を明確にしながらか議論するのは、社会科の学習でよくとられる方法だが、理科でも活用できる場面があることが分かった。“Physics Suite”におけるInteractiveな学びは、米国の大学生だけではなく、日本の小学生にも適用できたのである。

平成20年度の成果として大きかったのは“HOMEWORK”である。最初は家庭学習のための補助的な役割に過ぎなかったが、配布するタイミングを少し変えるだけで、授業を進めていく上での補助資料としての役割も果たすようになった。実験しながら“HOMEWORK”に沿ってノートを作成していき、再度“HOMEWORK”に沿って復習する。そして、次の授業に臨む。こうした一連の学習の流れが機能している児童の場合、質的にも量的にも学力が向上していくことであろう。

7-2 課 題

授業実践、および授業の内容については、基本的には、「仮説の設定・検討における議論」「ワークショップ形式の実験」に重点を置く方法は継続しつつも、例えば、結果から結論を導き出していく際の話し合いをどのように充実させていくかというような課題がある。これまで結果から結論へともっていき段階において、「今の実験結果から何か気づいたことがありますか？」というような発問をして話し合い活動へともっていきことも多かったが、発問が漠然とし過ぎており、話し合いが活性化する割には、焦点化しながら結果から結論へと導いていく

のが難しかった。そこで現在は、学習問題にそくして、「これらの実験結果を比較すると、どんな結論になりますか。」というような発問をしているが、今度は発言する児童が限られてきてしまい、話し合いが盛り上がらない。実験前の話し合いは一つの形式ができたが、実験後の結果から結論へと導く話し合い活動に課題がある。その点、“Physics Suite”ではどのようにしているのか、もう少し調べてみる必要があると考えている。大学生と小学生では、単純にそのまま導入するというわけにはいかないが、何らかのヒントがあるものと思われる。

一方、“Real Time Physics”は、“PRE-LAB PREPARATION SHEET FOR LAB n”と“LAB n”、と“HOMEWORK FOR LAB n”の三つの部分から成り立っているが、これは、教科書としての役割、実験書としての役割、問題集としての役割をもった、多機能な教材であると言える。今回作成した“HOMEWORK”は、児童が実験を行いながらノートを作成していくのに役立つことが分かったため、これを基本に授業書としての日本の小学校版“Real Time Physics”を作成すれば、“Physics Suite”の根幹に関わる部分が概ねできたと言うことができる。そこで、今年度作成した“HOMEWORK”の内容を十分吟味するとともに、これらをベースとした授業書の作成に、とりかかることができればと考えている。また、現段階で“HOMEWORK”は、第5学年と第6学年のみだが、第3学年と第4学年に関しても作成することをめざしたい。ただし、小学校の場合は、児童の発達段階を十分に考慮し、全学年共通してこのままの形式でよいのか、あるいは学年によって少し形式を変えたほうがよいのか検討が必要である。また、利用のしかたについても、熟慮しながら検討していく必要があると考えている。

【謝 辞】

本研究の実施にあたって、東京農工大学名誉教授 覧具 博義先生、東京学芸大学教授 新田 英雄先生、埼玉県立大宮高等学校教諭 湯口 秀敏先生をはじめ、「Physics Suite 研究会」の数多くの先生方のご指導・ご助言を賜りましたことを厚く御礼申し上げます。

【参考・引用文献】

- (1) 笠 耐, 物理教育入門「Teaching Physics with the Physics Suite の紹介」, 物理教育通信, 2003
- (2) E.F.Redish, “A NEW ALTERNATIVE:THE PHYSICS SUITE”, “Teaching Physics with the Physics Suite”, John Wiley & Sons Inc, pp3-5, 2002
- (3) 覧具 博義, 新田 英雄, 「米国の基礎物理教育の動向 I —大学規模と教育体制」, 平成18年度～平成19年度科学研究費補助金（基盤研究(C)）研究成果報告書, pp99-108, 2008
- (4) 新田 英雄, 覧具 博義, 「米国の基礎物理教育の動向 II —講義の実際—」, 平成18年度～平成19年度科学研究費補助金（基盤研究(C)）研究成果報告書, pp109-116, 2008
- (5) 覧具 博義, 「はしがき」平成18年度～平成19年度科学研究費補助金（基盤研究(C)）研究成果報告書, p1, 2008
- (6) D.R.Sokoloff, R.K.Thornton, P.W.Laws, “RealTime Physics”, “Active Learning Laboratories”, “MODULE2 Heat and Thermodynamics”, 1999-2004
- (7) E.F.Redish, 石井登志夫訳, 第4章「評価の意味を拡張する：宿題と試験」, “Teaching Physics with the Physics Suite”, 平成18年度～平成19年度科学研究費補助金（基盤研究(C)）研究成果報告書, p86, 2008
- (8) E.F.Redish, “HOMEWORK”, “Teaching Physics with the Physics Suite”, John Wiley & Sons Inc, pp71-73, 2002
- (9) E.F.Redish, “CHAPTER 3 There’s More Than Content to a Physics Course: The Hidden Curriculum”, “Teaching Physics with the Physics Suite”, John Wiley & Sons Inc, pp51-52, 2002