福井大学リポジトリ
UNIVERSITY OF FUKUI REPOSITORY

小学校教員養成課程における「理科実験観察法(物理)」授業づくりの試み

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2011-03-18 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 山田, 吉英, 石井, 恭子 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/3085

福井大学教育実践研究　2010，第35号，pp.31－42

教育実践報告

小学校教員養成課程における「理科実験観察法（物理）」授業づくりの試み

福井大学教育地域科学部　山　田　吉　英
福井大学教育地域科学部　石　井　恭　子

本稿は異なるバックグラウンド（専門性）を持った二名の教員による，協働的な授業づくりの実践報告である。教科内容の系統性に基づく講義に小学校の実験活動を埋め込むという方式では，授業効果は高まらなかったが，小学校で行われる実験活動に高い視点からの解説を埋め込むという方式では，授業効果は高まった。

キーワード：理科教育，教員養成，小学校教員，実験観察，協働

1．はじめに

教員養成系大学・学部における理科教育の現状について，川勝（2005）は，大学での理科の学びなおしの時間がほとんどなく，「小学校の先生の卵は，ほとんど中学基礎レベルの学力と教科観で，小学校の教壇に立つことになる」と述べている。このような現状に対して，福井大学教育地域科学部理数教育講座理科教育サブコースでは，物理，化学，生物，地学，理科教育の教員が総力を上げ，小学校免許取得のための基礎技能と基礎知識を習得させるべく，「理科実験観察法」を開講している。

本年度は週2回，1年生と2年生に開講したが，そのうちの2年生の物理を，理科教育の教員（第一執筆者の山田と第二執筆者の石井）が担当した。山田は物理学研究者出身で本年度より新任，また石井は教職大学院兼担の実務家教員である。このため異なる二つの観点が持ち込まれ，特色ある授業づくりが行われた。本稿ではその経過を報告する。

「理科実験観察法」は，受講者数が100名以上になるため，全体を3つのグループに分け，物理，化学，生物で180分の授業を各3回ずつローテーションして行った（理科教育と地学については全体で講義を行った）。

筆者らが行った実際の授業のスケジュールを以下の表1に記す。本稿では主として電気の内容について報告を行う。

3つのグループで内容や順序が一部異なるのは，先のグループでの授業の「手応え」と学生の感想を踏まえ，授業の改善を試みたためである。その授業づくりの中身と結果について次節以降で述べるが，結果の大まかな様子を図1と図2に示しておく。

図1における「満足度」とは，学生の感想で「面白かった」「楽しかった」「よかった」などの文言を含むものの割合（百分率）を，2回の電気の授業で平均したものである。その内訳「現象に対する満足」「仕組みの理解に対する満足」については後述するが，この区別は若干の

表１　物理の授業スケジュール

日付	電気の内容	力学の内容
第1グループ		
4/27	回路，テスター作り，電球のしくみ	
5/11		重さ，てんびん作り，仮説実験授業（ふりこと振動）
5/18	モーターまたは発泡スチロールカッター作り，手回し発電機とコンデンサー	仮説実験授業の続き
第2グループ		
5/25		重さ，仮説実験授業（ふりこと振動）
6/1	回路，テスター作り，電球のしくみ	仮説実験授業の続き，てんびん作り
6/8	電気の知識23連発，手回し発電機とコンデンサー	
第3グループ		
6/15	回路，発泡スチロールカッター作り	
6/22	電流計，手回し発電機とコンデンサー	仮説実験授業（ふりこと振動）
6/29		仮説実験授業の続き，てんびん作り

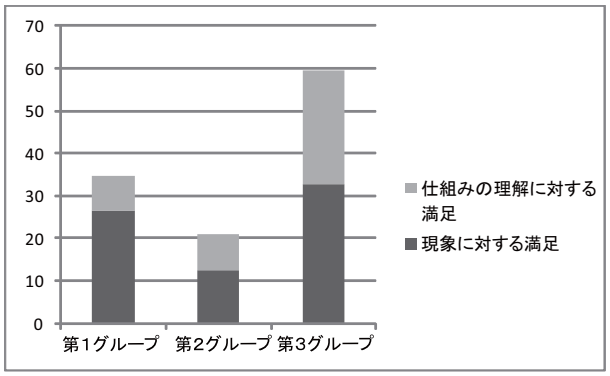

図１　授業に対する「満足度」

曖昧さを含んでいる。

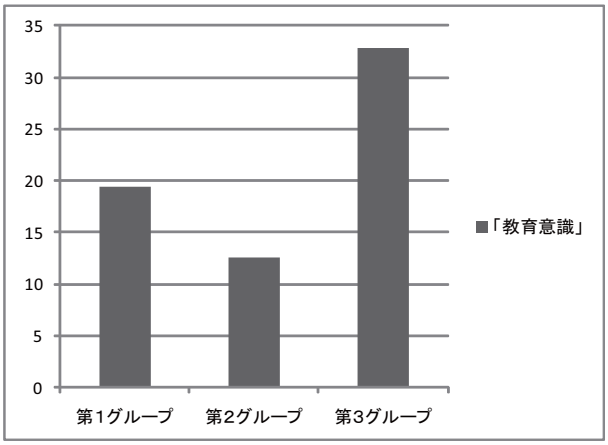

図２　「教育意識」の発現

図2における「教育意識」とは，学生の感想で，教える立場の視点を含むものの割合（百分率）を，2回の授業で平均したものである。これもまた若干の曖昧さを含む。

筆者らには，これらのグラフを授業改善の定量的証拠と主張する意図はない。本稿は異なる専門性，異なる視点を持った二名の教師による協働的な授業づくりの実践報告であり，授業内容を明らかにするため，用いたレジュメを掲載し，また授業効果の傍証として学生たちの感想を数多く引用することにする。

２．第１グループ１回目の授業

2.1　授業内容（第１グループ１回目）

第1グループに対しては，図3のレジュメ（学生が書き込むスペースは割愛してある）を用いて授業を行った。これは石井によるもので，ほぼ小学校教科書の学習順序通りである。小学校で学ぶ範囲の電気について復習し，また実際に小学校で教える際の手本となることも考慮されている。

また，レジュメの内容を一通り説明したあとで，補足として高校レベルの電流の知識を山田が若干講義した。その際，数理的な説明は避け，コロラド大学の「PhET」というシミュレーションツールを用いて直観的な説明を行った。また，残った時間で光電池やモーター，手回し発電機，コンデンサーなどで自由に遊ばせた。理科においては，まずは物自体，現象そのものに触れる経験が重要であるということは，筆者らの共通認識である。

「電気」について学び直しをしよう

1．小3「電気の通り道」について考えよう

課題1：乾電池に豆電球をつないでみよう

豆電球がついたら・・・・電気の通り道が一周できたということ（回路になっている）

電球がついたときの絵を描いてみましょう。

◎「回路」という言葉の意味を自分なりに書いてみましょう。

課題2：どのようなものが電気を通すのか，調べてみましょう。（簡単な図で表してみましょう）

調べたもの
はさみ，ストロー，はりがね，アルミホイル，ひも，紙

【電気を通すということ】
・豆電球についている導線の中は，どうなっているでしょうか？
・家庭で使われている，電気のコードの中は，どうなっているでしょうか？

2．テスターを作ろう

小学校の理科では，「ものづくり」の重要性が言われています。さまざまな学習をしたあと，その学習を生かして，おもちゃを作ったり，道具を作ったりします。中には，生活に使っている本物の商品と全く同じ仕組みのものもたくさんあります。

課題3：テスターを作って，電気を通す物や通さない物を探しましょう

テスターの作り方（乾電池チェッカーにもなる）
材料　わりばし，豆電球，ソケット，電池ボックス，ビニールテープ，両面テープ，乾電池
道具　はさみ，ラジオペンチ
作り方　①割りばしの中心に，電池ボックスをとりつける。
②豆電球をわりばしにとりつける。
一方の導線は，途中で切って電池ボックスにとりつける
（図で解説）

でき上がったら，さまざまなところを調べて，結果を書きましょう。

作ってみて，難しかったところ，よくわからなかったところ，わかったこと，学んだことを書きましょう。

3．4年生以降の学習内容
電気のはたらき（4年生）
（1）乾電池の数を増やすと，流れる電流の大きさが大きくなる
（2）光電池のはたらき
電磁石（5年生）
（1）電磁石をつくる
（2）電磁石の強さは何によって変わるか調べる
電気の利用（6年生）
（1）電気は，作ったり蓄えたりできる（コンデンサー）
（2）電気は，光，音，熱などに変えることができる
（3）電熱線は，発熱する
（4）私たちは，電気の性質や働きを利用して生活している

図３　第１グループ１回目のレジュメ

2.2　学生の感想（第１グループ１回目）

学生の学びの実態を，彼（女）らの感想から見てみる。授業効果を検討するための一視点として，「楽しかった」「面白かった」「よかった」等ポジティブな表現と，教える立場としての視点が含まれた感想とを全て拾い上げる。

2.2.1「満足度」…18人／36人

受講者の半数が「楽しかった」「面白かった」「良かった」等の感想を記している。これらの感想は全て以下に引用するが，これをさらに「現象や感覚に言及したもの」と「仕組みの理解に言及したもの」に分類を試みておいた。この区別は必ずしも明確なものではないが，一応の目安にはなるだろう。筆者らとしては，学生が後者の認識にまで達してくれることを望んでいる。

□「現象に対する満足」…12人

●モーターに色々なものをつけて回したのが楽しかった。

●モーターに電気を流して，プロペラがまわったことが楽しかった。

●ソーラーパネルや人力で発光したり蓄電できるのもおもしろかった。

●モーターを通して，電気が動力に変わるのもおもしろかった。

●プロペラがくるくる回るのがおもしろかったし，向きを反対にすると逆回りになったことで電流の流れが逆になると知った。やはり実際に自分でやってみる方が理解しやすいと感じた。

●実験においても「音」や「光」に電気が変わることが感覚的に分かるので楽しいものであった。

●実験のようなことをすることはやはり楽しい。

●先生のスクリーンを見るのはおもしろかったけど，やっぱり自分で試したほうがおもしろかった!!

●電気に関しての実験色々できて楽しかった。

●えんぴつの芯はおもしろかった。

●実験自体は大学生でも夢中で取り組むぐらいおもしろいので，ぜひ子どもたちにも，夢中になって取り組んでもらえるような授業ができたらよい。生活するうえで，必要不可欠である電気なので，その重要性もあわせて学ばせていきたい。

●人から聞いても納得できなかったことでも，信じることができなかったことでも実際に実験することでわかるということもたくさんあるし，やっぱり実験はとても良いと思った。

□「仕組みの理解に対する満足」…６人

●電流の流れや銅線の中の様子などを今回の授業で詳しく知ることができたので良かった。電気は自分でテスターや回路を作りながら学ぶことができるので，多少危険ではあるが子供の興味・関心を引きやすい授業内容だと思った。電流の仕組みがわかったので，豆電球の時以上にテスターは面白みを感じながら取り組むことができた。手回し発電機で自分で電気を作ったり，コンデンサーに電気を貯めたりなど，電気を作る・使う方法を色々学ぶことができてよかった。

●豆電球をこんなに観察したことがなかったので，豆電球の仕組みを知ったときは感動しました。どうして豆電球が光るのかについて考えたこともなかったので，もし今回の授業を受けていなかったら一生知らなかったかもしれません。

●電流に関する知識は，全く使っていなくて，忘れていたことばかりだったので，改めて確認することができてよかったし，実験を多くしたので楽しかったです。電流が流れるときに，電子が動いていることは，初めて知った気がします。（笑）電流に関して，いろんな道具を使えたり，実際に自分が教える側になったとき，子どもの興味を引きそうなことがたくさん知れて，とてもためになった。

●豆電球が電気で光るしくみが薄ら分かりました。高校の時に理科総合と生物しかとっていなかったのですが，自由な電子で熱くなるから光るのかなということがわかって楽しかったです。

●難しかったところはあまりみあたらなかったけれど，でんきの流れるしくみがとてもよくわかってよかった。

●電子の動きがわかりやすかった。（プロジェクターでみたやつ）電子の動き（流れ）は理解していなかったので，知れて良かった。

2.2.2「教育意識」…10人／36人

36人中10人が子どもに教える立場からの感想を記している。

●このようなテスターを子どもに作らせることで，楽しく学ぶことができるようになると思った。どんなに簡単な実験であっても，実際に子どもにやらせることの重要性を改めて感じた。

●テスターを作ってみて，色々なものを気軽に調べられるという点で，子どもたちには非常に有効であると思った。

●テスターは持ち運びしやすいし，活発な小学生にはピッタリの道具だと思った。小学生に電流の流れとか仕組みを教えるのは工夫が必要だと思った。あと，日頃使っている電気に何があるか，という導入は良いと思った!!

●なぜ回路の中で，電球にだけ光がつくのか，なんとなくしくみがわかったが，難しかった。子供に教えるには実験が一番効果的だと思った。

●フィラメントの細かい構造とか，原子の移動と熱について学べました。子どもはもっと興味をもって，いろいろ疑問を投げかけてくるから楽しそうと思いました。小さな事ですけど，テスターで導線を切るの失敗したので，子どもにも気をつけるよう言いたいです。

●電球を通ったら電流は弱くなると思ったけど，そうならなかったのでちょっとびっくりした。むしろ今もなぜそうなるのか教えて！と言われても分からないので，もっと暗記ではなく，理解する学習をしようと思った。

●実際に「電流」や「電圧」を目で見ることはできない。子ども達に電気を分かりやすく理解してもらうには実

際に回路を作ったり，身の周りの物を考えさせるのが大切である。そのことをこの講義で理解した。

●（引用者注:豆電球と電池のつなぎ方の連続的な変形･）変換が難しいから，作るときに戸惑う人がいるんだろうな…と思う。

●電気は自分でテスターや回路を作りながら学ぶことができるので，多少危険ではあるが子供の興味・関心を引きやすい授業内容だと思った。（再掲）

●実験自体は大学生でも夢中で取り組むぐらいおもしろいので，ぜひ子どもたちにも，夢中になって取り組んでもらえるような授業ができたらよい。生活するうえで，必要不可欠である電気なので，その重要性もあわせて学ばせていきたい。（再掲）

３．第１グループ２回目の授業

3.1 授業内容（第１グループ２回目）

休日と力学の回をはさみ，電気については3週間ぶりの授業である。レジュメ（図4）は再び石井による。授業方針は1回目と同じである。

3．4年生の学習内容
電気のはたらき（4年生）
（1）乾電池の数を増やすと，流れる電流の大きさが大きくなる？
電流計の使い方の注意
流れる電流が大きくなるということは？…
　豆電球（光）だったら…
　モーター（動力）だったら…
　ブザー（音）だったら…
　電熱線（熱）だったら…
電流がたくさん流れるつなぎ方　（　　）つなぎ
電池を長持ちさせるつなぎ方　（　　）つなぎ
（2）光電池のはたらき
　乾電池の代わりに光電池を使って電気を通してみましょう。

4．5年生の内容
電磁石
（1）電磁石をつくってみよう
　永久磁石と電磁石の同じところ，違うところを調べましょう
（2）電磁石の強さは何によって変わるか調べる
　電磁石の強さをどのようにして調べるか？
　何を変えるか？
（3）一番小さいモーター（クリップ）を作ってみよう

5．6年生の内容
電気の利用
（1）電気は，作ったり蓄えたりできる（コンデンサー）
　手回し発電機を使って，電気を作ってみよう
（2）電気は，光，音，熱などに変えることができる
　他のものもつないでみよう（モーター，ブザー，発光ダイオード，他）
　ものによって，豆電球とは違うつなぎ方が必要なものがありました。どんなことでしょう？
（3）電熱線は，発熱する
　電熱線（ニクロム線）とエナメル線を観察して，違いを調べよう
　ビニール導線と，エナメル線は？
　発砲スチロールカッターを作ってみよう，使ってみよう
（4）私たちは，電気の性質や働きを利用して生活している
【電気の学習をして，今回初めてわかったことを書いてください】

図４　第１グループ２回目のレジュメ

3.2　学生の感想（第１グループ２回目）

3.2.1「満足度」…36人中７人

36人中7人が「楽しかった」「面白かった」「良かった」等の感想を記している。いずれも現象や感覚に言及しているように思われる。

●モーターを作ったのが楽しかったし，くるくる回っておもしろかった。

●小さいモーター作りはとてもおもしろいが，なかなかうまくいかなかった。

●3回ともいろいろなものをつくったけれど，どれも簡単につくれて楽しかった。物理は難しいものでおもしろくないと思っていたけど，楽しい。

●小学校の時の気持ちをおもいだして楽しく実験しながら学ぶことができた。コンデンサーのことは知ってはいたけれど，実際に使ったのははじめてだったのでよかった。

●物理という教科にはすごく抵抗があったが，たのしく実験しながら学べたのでよかった。

●物理は最初は公式だらけの教科だと思っていたけど，電気も物理に含まれるということに驚いたし，今回の授業は楽しくて，これなら小学生も楽しく授業ができると思った。

●発泡スチロールカッターも初めて使ったので形をくりぬいたりして楽しかった。電気を熱に変える実験ということでおもしろかった。（忘れていて？）初めて学んだこととしては，直列は明るくなるや，ボルトのことがあった。また学び直せたのでとてもためになった。

3.2.2「教育意識」…36人中４人

36人中4人が子どもに教える立場からの感想を記している。

●やはり電気について教えるのは準備等，大変そうだと思った。しかし，おもしろい実験ばかりなので参考にしたいと思った。

●電気の学習というのは，色々な分野とからんで学習がすすんでいくことが分かって，教えるのはとても大変だと思った。

●電気と磁界を利用した簡易のコイルは，動くことに意外に驚き，小学5年生にはインパクトがあると思う。電気を学ぶには，様々な道具を利用して，実験しながら学ばせることがいいことだと感じた。物理に関して，

高校で物理を習っていないので，もっと勉強することが必要であるなと思った。

●高校のときに物理をしていたので全体的には理解していたのだが，実際に小学生に教えるように実験するのは難しいとわかった。

4．第２グループ１回目の授業

4.1　授業内容（第２グループ１回目）

第2グループ1回目の授業では，第1グループで用いたレジュメに若干の加筆修正を加えたものを用いた（図5）。扱う内容自体は第1グループのものとほぼ同じである。

第1グループとの大きな違いは，力学の授業（振り子の仮説実験授業と天びん作り）を先に行ったという順序の違いである。

この第2グループに関しては，仮説実験授業の雰囲気がぎこちなく，天びん作りの時点で既に疲労感が漂っている印象を筆者らは受けた。この要因としては，例えば次のような可能性が考えられる。

「電気回路のグループワークを経ていないため，間違った選択肢を選ぶことへの恥の意識など，受講生同士や教師に対する警戒心が緩和されていなかった」

理科実験観察法　物理－1
「電気」について学び直しをしよう
0．調査問題に挑戦
1．小3「電気の通り道」について考えよう
◎今日，使った電気は？
◎家庭電器と3年生で学ぶ教材の違いは？共通点は？

課題1：乾電池に豆電球をつないでみよう

豆電球がついたら・・・・電気の通り道が一周できたということ（回路になっている）
　電球がついたときの絵を描いてみましょう。

2．テスターを作ろう
　小学校の理科では，「ものづくり」の重要性が言われています。さまざまな学習をしたあと，その学習を生かして，おもちゃを作ったり，道具を作ったりします。中には，生活に使っている本物の商品と全く同じ仕組みのものもたくさんあります。

課題2：テスターを作って，電気を通す物や通さないものを探しましょう

テスターの作り方　（乾電池チェッカーにもなる）
材料　　わりばし，豆電球，ソケット，電池ボックス，ビニールテープ，両面テープ，乾電池
道具　　はさみ，ラジオペンチ
作り方　①割りばしの中心に，電池ボックスをとりつける。
　　②豆電球をわりばしにとりつける。
　　一方の導線は，途中で切って電池ボックスにとりつける

課題3：どのようなものが電気を通すのか，テスターを使って調べてみましょう。

（簡単な図で表してみましょう）

調べたもの
はさみ，ストロー，はりがね，アルミホイル，ひも，紙

　電気を通したものを，よく観察して，その特徴を書きだしてみましょう
【電気を通すもの，通さないもの】
・豆電球についている導線の中は，どうなっているでしょうか？
・家庭で使われている電気のコードの中は？
◎「回路」という言葉の意味を自分なりに書いてみましょう。
【学習のまとめ】
　テスターを作ってみて，難しかったところ，よくわからなかったところ，わかったこと，学んだことを書きましょう。

図５　第２グループ２回目のレジュメ

4.2　学生の感想（第２グループ１回目）

4.2.1「満足度」…１人／ 36人

「楽しかった」「面白かった」「良かった」等の感想を記した受講者は一人だけであった。

●回路の仕組みを良く理解しながら作るので，良いと思う。

4.2.2「教育意識」…５人／ 36人

36人中5人が子どもに教える立場としての感想を記している。

●このテスターなら子どもでも簡単に確かめられる。
●実際の電流の流れは，見えないので，子ども達に教えていくのは難しいと思った。テスターを使ってとにかく，いろんなものを調べさせるのがよいと思いました。
●回路について説明するのは意外に難しかった。自分がわかっていないと教えられないので，いろいろ学ぶことは大切だと思った。
●ショート回路の危険性が分かった。私が教師になったときはショート回路に気をつけるようにしていきたい。
●今回の授業では特にショート回路について，何を気をつけるべきかについて学ぶことができた。学校の中で，安全に実験をするため，必ず覚えておきたい知識だと思った。

5．第２グループ２回目の授業

5.1　授業内容（第２グループ２回目）

高校レベルの知識すら持たない学生の実態に山田が危機感を覚えたため，図6に示すレジュメを用いて講義を行った（レジュメの実物はもっと空白をとっている）。原子一個から出発し，系統的に理解を積み上げることをねらっている。子どもの疑問に対応するには，教師は自然の構造と仕組みについての知識や描像を身に付けておかねばならないという点に関しては，筆者らは共通了解を持っている。

ともあれ，23項目用意したうち，時間内に解説できたのは12項目までであった。「学生とあまり目が合わない」

というのが授業者（山田）の感想である。

小学校の先生になるなら知っておきたい電気の知識23連発
［パート1：原子論］（高校化学基礎の範囲）
●1●原子の大きさ
我々の周りにある物はすべて_____と呼ばれる小さな粒からできている。この粒はめちゃくちゃ小さく，どれくらい小さいかというと，直径およそ_____cmくらい。仮に原子を，りんごのサイズまで拡大したとすると，同じ倍率では，りんごは_____ほどの大きさになってしまう。手のひらサイズの物体の中には，_____個くらいの，莫大な数の原子が含まれている。
●2●物質の原子構造
おもちゃのレゴを組み上げると，建物や人や車など，いろいろなものを作れる。同じように，原子を組み上げていろいろな物体が作られ，この世界が作られている。レゴで組み立てた建物が**固体**，それをテキトーにばらして，じゃらじゃらと箱に入れておいたものが**液体**，完全にバラバラにして部屋にばらまいたものが**気体**のイメージだ。
【PhET simulation 1】「States of matter」
●3●原子の内部構造
原子という粒は，ただの丸い粒ではなく，「内部構造」を持っている。直径10^{-8}cmくらいの原子は，中心に10^{-13}cmくらいの_____と呼ばれる芯を持っており，その周りを_____と呼ばれるさらに小さな粒が飛び回っている。原子はまるで，太陽の周りを惑星が回る「太陽系」のようだ。惑星が太陽に引っ張られて公転しているように，電子は原子核に引っ張られて公転している。太陽が惑星を引っ張る力は「重力（万有引力）」だけれど，原子核が電子を引っ張る力はなんだろう？これが電気力だ。原子核は_____の電気，電子は_____の電気を持っていて，プラスとマイナスは互いに引き寄せ合う。

（中略…４．原子の種類，５．静電気，６．分子，７．結晶，８．金属，９．熱振動）

［パート2：電流］（高校物理基礎の範囲）
●10●金属中の電流
金属は電気を通す。なぜか？それは金属中の_____のおかげである。金属にプラスの電気を近づければ，マイナスの自由電子が近くに集まってくる。金属にマイナスの電気を近づければ，マイナスの自由電子が遠くに逃げていく。このような自由電子の移動が，金属中の**電流**の正体である。ただし自由電子の間でも，マイナス同士の反発があるから，「もうこっちに来るな！」となって，電流はすぐに止まってしまう。
電流を流し続けるためには，「**回路**」と「**電源**」という，特別の仕組みが必要である。なお，電流の正体が不明だった時代に，「電流は電池のプラス極からマイナス極に流れる」と定義していたのだが，後の時代になって，実際には電子がマイナス極からプラス極に流れていることがわかった。仮に電子をプラスに改めると，いままでプラスとしていたものをマイナスに，マイナスとしていたものをプラスに全部取り換えねばならなくなる。それはちょっと大変なので，「**マイナスの電気が左に動くというのは，プラスの電気が右に動くのと同じことだ**」と解釈することで，我慢することになった。実際に流れているのはマイナスの電子だけれど，何かプラスの電気がその反対向きに流れている様子をイメージすればよい。
●11●抵抗
金属中を電流が流れるとき，自由電子は重い金属原子に衝突して減速する。これが_____の正体だ。金属の種類によって，金属原子の邪魔する度合いが違う。また温度が高くなるほど，金属原子の_____が激しくなるから，電子の流れが妨害されやすい。つまり温度が上がると，抵抗が_____なる。また，導線が長いほど，電子の移動距離が長く，衝突回数は多くなるから，抵抗は導線が長いほど_____。さらに，導線が太いほど，金属原子の間を電子が散らばって通過できるので，抵抗は_____なる（要するに，狭いところほど通りにくくて，広いところほど通りやすい）。
●12●電熱線と白熱電球
導線に電流を流すと，電子が次々金属原子にぶつかってくる。この結果，金属原子は激しく揺さぶられる。これは熱振動が大きくなるということであり，電流が流れると，導線の温度が上昇することになる。これが**電熱線**の仕組みである。また，流れる電流がさらに強くなると，より多くの電子が衝突してくるから，ますます熱振動が大きくなり，導線は**赤熱**する。赤熱した導線の温度がさらに高くなると，導線は_____する。これが**白熱電球**（ふつうの電球）の仕組みである。なお，金属が白熱すると，空気中の_____と結合して燃えてしまうので，家庭用電球の中には，希ガスのアルゴンのような不活性気体が封入してある。
【課題1】発泡スチロールカッターを作ろう（小学校6年生の学習内容）
（後略）

図６　第２グループ２回目のレジュメ

5.2　学生の感想（第２グループ２回目）

講義の時間を増やした割には「仕組みの理解に対する満足」の割合が増えず，4名にとどまった。講義を中心とした系統的な学習では，学生たちは意欲や動機を持ち難いようである。

また，講義の割合が多いことに対する不満の声も上がっているため，それらの感想も全て引用しておく。

5.2.1「満足度」…14人／ 36人

36人中14人が「楽しかった」「面白かった」「良かった」等の感想を記している。

□「現象に対する満足」…９人

●発泡スチロールカッターに少し感動しました。おそらく使うことは無いでしょうけど。
●実験などは楽しかったが，講義は難しいように感じた。
●化学は苦手だったので前半全く楽しくなかったが，カッターを作る時は楽しかった。
●自分ではっぽうスチロールカッターを作れるとは思っていなかったので，おどろいた。でも，たのしかった

です。

●発泡スチロールカッターを作るのは，なかなか大変だったが，できて，発泡スチロールを切ってみるととても楽しかった。機会があれば，またやってみたいと思う。

●発砲スチロールカッター作りがとてもおもしろかったです。直列にしたときに，切れ味が増したので，電圧の強さを実感できてとてもいい実験でした。

●実際に自分たちで作って電熱カッターをやってみたのがおもしろかった。電流の力であんなことができるのに驚いた。

●発泡スチロールカッターをつくったことが，熱を発するということがわかるいい取り組みだと思った。電池をふやすことできれるはやさがかわるのもおもしろかったです。

●発ぽうスチロールカッターは楽しかった。が，小学4年生に実習としてさせるのは少し危ないのではと思った。

□「仕組みの理解に対する満足」…５人

●どういう経緯で発泡スチロールを切るのか最初わからなかったけどあのように実際熱振動の実験をするのは楽しかった。

●高校のときに，原子や分子の仕組みをはっきり理解することができなかったので，今回理解できてよかったです。

●今までさっぱり分からなかった内容が，今日の講義で何となく分かった気になりました。ちょっと電流に興味をもてた気がします。

●パソコンでの説明が分かりやすくてよかったです。実際に物を用意しなくても電気や原子を説明できたり，目に見えないものを説明できたりするので実際の授業の時も使えたらいいなと思いました。

●自分なりの解釈だったことや，あやふやだったこと，実は分かっていなかったことが発見できたし，正しく理解できて良かった。

5.2.2「教育意識」…４人／ 36人

36人中4人が子どもに教える立場からの感想を記している。

●学習内容と生活での場面を結びつけるのは，高度なことで，難しいことだと思うが，私自身，授業づくりの面で，特に重視したい部分である。

●子どもには危ないかもしれませんが，発泡スチロールカッターは子どもたちも興味を持ってくれると思いました。参考にしたいです。

●発ぽうスチロールカッターは楽しかった。が，小学4年生に実習としてさせるのは少し危ないのではと思った。（再掲）

●パソコンでの説明が分かりやすくてよかったです。実際に物を用意しなくても電気や原子を説明できたり，目に見えないものを説明できたりするので実際の授業の時も使えたらいいなと思いました。（再掲）

5.2.3　授業への不満…６人／ 36人

36人中6人が授業に対する不満を記している。

●実験があまりなく，講義ばかりで頭に内容が入ってこなかった。

●最初話だけきいてて眠かった。原子などの知識が小学校の理科で役に立つかどうか疑問に思う。この知識をどのように伝えるかが重要であって，「わかって」いても意味を感じなかった。

●最初に知識を教えてもらって，それを応用して工作していくのはおもしろかったけど，知識を教えてもらう時間が長過ぎるように感じた。大体の内容はわかったと思う。

●私はやっぱり物理が苦手だと感じました。高校生のときに，物理が全然理解できないために理系に進むのをあきらめたので，苦手意識がまだ私の中に存在しています。

●実験などは楽しかったが，講義は難しいように感じた。（再掲）

●化学は苦手だったので前半全く楽しくなかったが，カッターを作る時は楽しかった。（再掲）

６．第３グループ１回目の授業

6.1　授業内容（第３グループ１回目）

第1，第2グループでの授業の「手応え」と学生の感想を踏まえ，現象の経験を与える活動を中心とした石井プランと，仕組みの知識を与える山田プランの融合を試みた。

山田プランのレジュメを解体し，石井プランの各活動の前後に，ミニ講義として埋め込む。その際，活動で扱われる現象に直接関係しない項目（原子の種類，静電気，分子，結晶など）は扱うことを諦めた。また，系統性を意識させるための小見出し（1. 回路，2. 導体と不導体，3. 抵抗）を追加した。このようにして，いわば折衷案としてできたレジュメが図7である。

3回の授業の順序も，力学を後回しにして，電気から学ぶ構成に改めた。

過去2グループと比べ，発泡スチロールカッター作りに要する時間が短縮され，その完成度も向上した。各部品の役割がよくイメージできていたためだろうと筆者らは考えている。

理科実験観察法（電気回路）

カゴの中に入ってるもの【電池，豆電球，ソケット，被覆導線（ビニール線，エナメル線），ニクロム線，ダンボール，割り箸，アルミ箔，方位磁針】

１．回路

課題1　電池とソケットを使って豆電球を光らせよう。

（1）豆電球がついたときの様子を絵に描こう。

（2）（子どもがいかにもやりそうな）豆電球がつかない場合の絵を描こう。

問1　小学4年生の教科書には「**電気の通り道を回路といい，電気の流れを電流という**」と書いてあります。それでは，電気が「通る」とか「流れる」ってどういうこと？あなたはどんなイメージを持っていますか？

シミュレーション1　PhET「Circuit Construction Kit」電気の流れ

シミュレーションを見てどんなことがわかりましたか？

問2　「回路」とは何か，自分の言葉で表現してみよう。

2．導体と不導体

課題2　通すもの，通さないものを調べよう（5つずつ見つけよう）

問3　電気を通すものにはどんな特徴，共通点がありますか？

シミュレーション2　PhET「Circuit Construction Kit」導体と不導体

講義1　金属とは？

講義2　被覆導線の仕組み（ビニール線，エナメル線）

課題3　ソケットなしで豆電球をつけよう。

（1）導線を2本使って，隣の人と一緒にやってみよう。つなぎ方の絵を描こう。

（2）導線を1本だけ使って豆電球をつけよう。絵を描こう。

シミュレーション3　PhET「Circuit Construction Kit」ショート回路

3．抵抗

演示1　電熱湯沸かし器

シミュレーション4　「Battery-Resistor circuit」電熱線の仕組み

課題4　発泡スチロールカッターを作ろう（図解しよう）。

問4　発泡スチロールカッターをパワーアップするには？……電池を（直列／並列）につなぐ（絵を書いてみよう）。

・電池を直列につなぐと…

・電池を並列につなぐと…

図7　第3グループ1回目のレジュメ

6.2　学生の感想（第3グループ1回目）

6.2.1「満足度」…21人／32人

32人中21人が「楽しかった」「面白かった」「良かった」等の感想を記している。「現象に対する満足」と「仕組みの理解に対する満足」の区別が第1グループの場合よりも一層曖昧になっているが，便宜的に以下のように分けておいた。

□「現象に対する満足」…9人

●発泡スチロールカッターを作ってみて，最初はなかなかうまくいかなかったけど，最終的に切れて良かった。もっと時間があればパワーアップしたものも作ってみたかった。

●電気の流れ方（直列，並列）を楽しく思い出せた。カッターの電池を直列にしたらあっというまに発泡スチロールが切れたので，楽しかった。

●様々な回路を使っての実験はおもしろかったと思う。ちょうど（引用者注：小学校での教育）実習でやった範囲と同じだったので，タイミング的にもばっちりだった。

●久々にでんちやモーターをさわって，とてもたのしかったし，新しい発見があった。電流の，いろいろなイメージを共有しあったり，はっぽうスチロールカッターをみんなでつくって，切れ味のよさに感動したりした。もんだいをといたりするのはむずかしく感じるけど，今日のような実験を通して学ぶことができたらたのしいだろうなあと思った。

●回路や電流について，楽しく学ぶことができました。長い間，こういう勉強に触れていなかったので，思い出しつつ，発見もありました。発泡スチロールカッターでは，スイッチも作り，うまくできたと思うので満足です。子どもたちも，こういう授業だと楽しく学べるだろうと思いました。

●電熱線のカッターは今日初めて作ったので楽しかった。でも小学生には学年が上でないと危ないかなぁと思った。黒板に貼る回路はとても素晴らしいアイディアだと思う。将来作ってみたい。

●スチレンカッターを作る活動が楽しかった。乾電池1つでも電気が流れると，それなりに熱くなることが分かった。

●電流について少しわかった。発泡スチロールカッターを作るのがおもしろかったです。電流や回路について，説明するのは，意外と難しいと思った。

●自分自身で実際にやってみることで，理解がより深まったのでよかった。楽しみながら学ぶことができてすごくおもしろかった。これからも，たくさん今日のように学んでいきたい。

□「仕組みの理解に対する満足」…12人

●電流や回路についてより楽しく詳しく学ぶことができた。楽しい授業はやっぱりいいものだと感じた。

●電流のこととかいろいろ思い出した。シミュレーションが分かりやすくて，小学生のときに見てたらもっと頭が良かったかも…。発泡スチロールカッター作りたのしかった。

●発泡スチロールカッターを作るのがおもしろかった。色んな仕組み・材料が力を合わせてすてきなカッターになるとは…。

●電流・電圧等，思えば苦手だったところをたのしく思い出すことができました。発泡スチロールカッターはすごくおもしろかったです。小学生じゃ少し怖いけど，中学生くらいなら授業で取り上げてもいいなと思いました。

●発泡スチロールを切る機械を作ったのがとても面白かった。いろいろ演習する中で，電池のしくみや電気の流れなどがより分かりやすく理解することができた。

●電気が流れるしくみについて学んだり実際に工作を作ったりして電気の回路について知ることができた。とても楽しかった。
●久々に電気について考えてみて，むずかしいという意識があったけど，おもしろ実験やモニターのせつめいでよくわかった。先生の～やってみよう！という心意気がとてもよかった。
●考え，実際に考えたことをもとに実験を進めることは，自分の疑問が出たときに答えにリンクするので，今までの理科の学習と比べて今日の学習は私にとって，とても面白かった。電気について，考えを深めることができたし，イメージを自分の言葉で表現することは，とても難しいことに気付いた。教師になるまでに，身に付けたい力です。
●回路ということで，あまり憶えていないし最初不安に思っていたが，最後にはとても回路が楽しいものに感じられた。将来生徒達にも回路を楽しいと思ってもらえるような授業をしたい。特に電流が流れているイメージ動画は，自分の中でイメージをつかみやすくてとても印象に残った。
●電流が流れるしくみを詳しく習ったのは初めてだったのでおもしろかった。オルゴールやモーターが電力のちがいで音が大きくなったり，速く回ったりするのがおもしろかった。
●小学生の時，ただそうなんだと思って勉強した回路について詳しくできてよかったと思います。例える力や説明することの難しさを改めて実感しました。発泡スチロールカッターには驚きました。
●回路と導体と不導体について，しっかりと復習ができて良かった。発泡スチロールカッターも，とても面白かった。しかし，つくる過程は手先が不器用な人にとっては苦痛でつらかった。

6.2.2「教育意識」…12人／32人

32人中12人が子どもに教える立場からの感想を記している。

●発泡スチロールカッターを作る際，電池を入れたままで作業を進めてしまい，やけどをしそうになった。理科を専攻している学生としては，恥ずかしい限りだが，小学生が作業をする際には起こりうることであるため，注意しなければならないと思った。
●発ぽうスチロールカッターは子どもたちにとって，とても興味をひくものだなぁと思った。
●電池を2コ使うとオルゴールの音が大きくなったり，モーターが速くまわったりする実験が印象的だった。このようなことを通すと，直列つなぎは並列つなぎよりもパワーがあるということを，子ども達も楽しみながら学ぶことができるんだろうと思った。また，発泡スチロールカッターを作るなど，実用的なものを作ることも，子ども達は楽しんで一生懸命取り組んでくれるだろうと思った。
●特に電流について，回路については，より理解が深まったが，これを小学校3，4年の子どもに説明するのは難しいと感じた。
●電流・電圧等，思えば苦手だったところをたのしく思い出すことができました。発泡スチロールカッターはすごくおもしろかったです。小学生じゃ少し怖いけど，中学生くらいなら授業で取り上げてもいいなと思いました。（再掲）
●様々な回路を使っての実験はおもしろかったと思う。ちょうど（引用者中：教育）実習でやった範囲と同じだったので，タイミング的にもばっちりだった。（再掲）
●考え，実際に考えたことをもとに実験を進めることは，自分の疑問が出たときに答えにリンクするので，今までの理科の学習と比べて今日の学習は私にとって，とても面白かった。電気について，考えを深めることができたし，イメージを自分の言葉で表現することは，とても難しいことに気付いた。教師になるまでに，身に付けたい力です。（再掲）
●回路ということで，あまり憶えていないし最初不安に思っていたが，最後にはとても回路が楽しいものに感じられた。将来生徒達にも回路を楽しいと思ってもらえるような授業をしたい。特に電流が流れているイメージ動画は，自分の中でイメージをつかみやすくてとても印象に残った。（再掲）
●回路や電流について，楽しく学ぶことができました。長い間，こういう勉強に触れていなかったので，思い出しつつ，発見もありました。発泡スチロールカッターでは，スイッチも作り，うまくできたと思うので満足です。子どもたちも，こういう授業だと楽しく学べるだろうと思いました。（再掲）
●電流について少しわかった。発泡スチロールカッターを作るのがおもしろかったです。電流や回路について，説明するのは，意外と難しいと思った。（再掲）
●電熱線のカッターは今日初めて作ったので楽しかった。でも小学生には学年が上でないと危ないかなぁと思った。黒板に貼る回路はとても素晴らしいアイディアだと思う。将来作ってみたい。（再掲）
●小学生の時，ただそうなんだと思って勉強した回路について詳しくできてよかったと思います。例える力や説明することの難しさを改めて実感しました。発泡スチロールカッターには驚きました。（再掲）

7．第３グループ２回目の授業

7.1　授業内容（第３グループ２回目）

第3グループの2回目は1回目の続きである。レジュメは図8の通り。

演示2　電球の赤熱と白熱
課題5　電圧を大きくしたらどうなるか調べよう（電熱線，豆電球，**発光ダイオード，モーター，電子メロ**

ディ）

4．電流の磁気作用

課題6　電流が方位磁針に与える影響を調べよう。

(1) 導線の近くに方位磁針を置くと，方位磁針の針（小さな磁石）がわずかに振れるのを観察しよう。

(2) 豆電球を使わず，ショート回路で強い電流を流すと，方位磁針の針が大きく振れるのを観察しよう。（危ないのでごく短時間流すこと）

まとめ：導線に＿＿＿＿＿＿が流れると，近くの＿＿＿＿＿＿に力が働く。強い電流が流れるほど働く力も大きい。これを電流の磁気作用と呼ぶ。

これを利用して電流の有無を測る装置が＿＿＿＿＿＿，電流の強弱を測る装置が＿＿＿＿＿＿である。

問5　小学校で使う検流計にはスイッチがついていて，「電磁石」か「光電池・豆球」を選ぶようになっている。では，発泡スチロールカッターを流れる電流を調べる場合，スイッチをどちらに入れておくべきか？

(1) 一人で考えたこと

(2) 班で話しあったこと

(3) 実際にやってみて考えたこと

講義3　電流計の使い方

5．その他，電気の豆知識

電磁石……電流で作った磁石。電流を円形やコイルにすると棒磁石のようになることを利用。

モーター……電磁石と普通の磁石が引っ張ったり斥けたりするのを利用して動力を得る。

手回し発電機……モーターと逆の現象。普通の磁石と電磁石を近づけたり遠ざけたりすると電流が発生。

コンデンサー……電気を溜めておく装置。プラスの電気とマイナスの電気が引きあう性質を利用。

光電池……光を当てると電圧が発生。蛍光灯やLEDの光では効果が弱いので注意。

課題7　これらを組み合わせていろいろやってみよう。どんなことをやってみましたか？

今日の振り返り

図8　第３グループ２回目のレジュメ

7.2　学生の感想（第３グループ２回目）

7.2.1「満足度」…17人／ 32人

32人中17人が「楽しかった」「面白かった」「良かった」等の感想を記している。

□「現象に対する満足」…12人

●まだ理科の苦手意識が残っているけど，手回し発電とかモーターはおもしろいなと思った。

●手回し発電が楽しくて思わずぐるぐる回してしまいました。

●今日は，いろいろなものを実験してとても楽しかったです。検流計を初めて？？だと思うのですが，使って，電流計とは違うということを認識できました。最後にやった手回しのやつは自分のまわす速度で変化がでるのでとても楽しかったです。

●いや，でも小学生に戻った気分で楽しかった。

●実際にやってみて，楽しみながらできてよかった。今まであまり理解していなかったところも今日しっかり理解できてよかった。手回し発電は本当に楽しかったので，教師になったとき小学校ではやらせてあげたいと思った。

●手回し発電機などを，自分たちの身のまわりの色々なものに使えることがわかったしおもしろかった。こうして，自分たちの周りの様々なものが，電気と深いかかわりをもっていること，電気なしではその役割を果すことができないと知ることで，子ども達が電気の大切さを知ることにつながるだろうと思った。電池，発電機，導線，電球，オルゴール…などなど，子ども達の前に出して自由に使わせることで，子ども達が進んで実験をして，自らの力で電気の仕組みを学ぶことにつながるだろうと思った。

●電流計と検流計のちがいがよく分からなかったけど，よくわかってよかった。これから教える立場になるんだから，もっといろいろ復習しないといけないと感じた。

●いろんな手段で発電して，でんきをつけたり，プロペラをまわしたり，たのしかった。

●手回し発電機は気に入りました。豆電球につないだら，回した分だけ明るく光ったので，感動的でした。

●手回し発電がすごく楽しかったです。

●今日の実験で電流計や検流計をまともに使ったのは久しぶりだったので，使い方をあまり覚えていなかったです。でも今日で復習することができてよかったと思います。自分たちで好きにつなぐことができたので，いろいろと試せて，楽しかったです。

●手回し発電は，とても楽しんでやれた。スチレンカッターにつないで，おもいっきり回したらとてもよく切れた。

□「仕組みの理解に対する満足」…５人

●小学校や中学校で習ったときより，電気の理解が全体的に深まったような気がした。身近なところから，大きな発電につながる原理がわかってよかった。

●電気回路をテーマに講義を受けてきたが，今までの理科の授業で一番面白いと思ったほどだった。課題ごとに1つ1つ振り返り，学びながら実際にやるというサイクルは，興味をもったまま，実験にとりくめるし，良かった。小学校の現場に入り，自分が授業を作る際，参考にしたいと思う。電気について，なつかしく覚えていないことも振り返ることができ，面白かった。いろいろ実際にしてみて面白いと感じた。小学校でも理科の授業時間がもう少し確保されたら，理科を苦手とする子は減るのではないかと思った。楽しかった。

●検流計・電流計のちがいをしっかり学ぶことができたのでよかった。検流計の方が子ども達に分かりやすそうだと感じた。前回学んだショート回路等の知識も役立ったのでよかった。

●モーターのしくみを教わって，電磁石はこのようなところで役に立っているんだ!!と感動した。電流計の方が正確に測れると感じた。正しい使い方と注意点を忘れずに，子どもに教えられるようにしたい。
●今回，電気の復習ができてよかった。小学校理科で電気を扱うことになっても大丈夫（かも？）だと思えるようになったのでよかった。

7.2.2「教育意識」…９人／ 32人

32人中9人が子どもに教える立場からの感想を記している。

●検流計をつなごうとしたら，ショート回路になってしまうときがあったから，教えるときもショート回路にさせないような工夫が必要だと思った。（ex.視覚的にわかるように色をつけるなど）
●自分が授業をやるときの参考になったと思う。
●実際にやってみて，楽しみながらできてよかった。今まであまり理解していなかったところも今日しっかり理解できてよかった。手回し発電は本当に楽しかったので，教師になったとき小学校ではやらせてあげたいと思った。（再掲）
●手回し発電機などを，自分たちの身のまわりの色々なものに使えることがわかったしおもしろかった。こうして，自分たちの周りの様々なものが，電気と深いかかわりをもっていること，電気なしではその役割を果すことができないと知ることで，子ども達が電気の大切さを知ることにつながるだろうと思った。電池，発電機，導線，電球，オルゴール…などなど，子ども達の前に出して自由に使わせることで，子ども達が進んで実験をして，自らの力で電気の仕組みを学ぶことにつながるだろうと思った。（再掲）
●電流計と検流計のちがいがよく分からなかったけど，よくわかってよかった。これから教える立場になるんだから，もっといろいろ復習しないといけないと感じた。（再掲）
●電気回路をテーマに講義を受けてきたが，今までの理科の授業で一番面白いと思ったほどだった。課題ごとに1つ1つ振り返り，学びながら実際にやるというサイクルは，興味をもったまま，実験にとりくめるし，良かった。小学校の現場に入り，自分が授業を作る際，参考にしたいと思う。電気について，なつかしく覚えていないことも振り返ることができ，面白かった。いろいろ実際にしてみて面白いと感じた。小学校でも理科の授業時間がもう少し確保されたら，理科を苦手とする子は減るのではないかと思った。楽しかった。（再掲）
●検流計・電流計のちがいをしっかり学ぶことができたのでよかった。検流計の方が子ども達に分かりやすそうだと感じた。前回学んだショート回路等の知識も役立ったのでよかった。（再掲）
●モーターのしくみを教わって，電磁石はこのようなところで役に立っているんだ！！と感動した。電流計の方が正確に測れると感じた。正しい使い方と注意点を忘れずに，子どもに教えられるようにしたい。（再掲）
●今回，電気の復習ができてよかった。小学校理科で電気を扱うことになっても大丈夫（かも？）だと思えるようになったのでよかった。（再掲）

８．考察

第3グループでは，より高い視点からの仕組みの解説を行ないつつ実験活動を行わせたが，第1グループでは実験活動の後で補足的に仕組みの解説を行った。図1に見るように，第3グループの感想の方が「満足度」が多く引き出されている。また，図2に見るように「教育意識」も多く引き出されている。これらは第2グループでの，講義を中心とした授業では得られなかった結果である。

「現象に対する満足度」は，その現象を物珍しく思うことの反映であろうが，それは現象に対する経験の不足を意味している。経験の不足した学生にいきなりその仕組みの話をしても，興味を惹くことはできないようである。これは講義という教育手法のひとつの限界であろう。経験の不足を活動で補いつつ，その仕組みをイメージできるようになるための教育法が必要ではないかと筆者らは考える。

この実践においては，大学の授業を二人で分担するのでなく，協働して授業づくりを行った。教育法の専門性と，教科内容に関する専門性を融合ないし折衷させることで，授業の質が高まり得るということをこの実践は示している。少なくとも本稿で用いた「満足度」と「教育意識」を指標とする限りはそのように言える。

引用文献

川勝博（2005），よい理科の先生を養成するには―教員養成系大学・学部の現状と展望―，日本物理学会誌，Vol.60, No.2

An Attempt of Lecture Development in Experiment and Field Survey in Natural Science (Physics Part), in Elementary School Teacher Training Course

Yoshihide YAMADA and Kyoko ISHII

Key words：science education, cooperative lecture development, teacher training, electricity