たのしい授業
編集「たのしい授業」編集委員会／代表 板倉聖宣
1984年 8月号（No.17） みんなで遊ぼう

高校でできること
人口の変化を手がかりにして見た日本の歴史

たのしい授業 みんなで遊ぼう ●高校でできること No.17 8月号 仮説社

●はじめての仮説実験授業

女子高校で〈電流〉の授業

神奈川・小田原／城内高等学校 池田博明

今年の3月，横浜で「たのしい授業ゼミ」が開かれました。そこで〈電流〉の授業書（『科学入門教育』第3号所収）の講座があったのですが，この授業書の問題について，私の予想ははずれっぱなしでした。しかし，授業書をやっていくうちにまちがえた理由もよくわかりましたし，理解も確実になっていくように思えました。そこで，私もさっそく4月から学校でやってみることにしました。

本校は，小田原市にある県立の女子高校で，生徒の9割程度が大学や短大，各種学校に進学します。3年生の私立文科系コースに設置した「理科Ⅱ」の最初の授業として計画しました。授業は2単位連続で，約百分間です。

内心ヒヤヒヤでスタート

仮説実験授業のことは大学のころ，もう10年も前から知っていましたが，実際に取り組みはじめたのは，雑誌『たのしい授業』が出てからです。熱川の「たのゼミ」に参加したり本を読んだりしてはいましたが，本格的にやるのは初めてでしたから，内心ヒヤヒヤ。

が，自分がグーを出しているとき「軍艦ぐんかん」と調子よく叫びながら，次に「ちんぽ

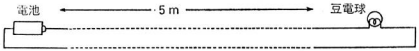
意見発表なんてしてくれるだろうかと心配していました。

案の定，活発な意見交換などはなかったのですが，終わっての生徒の評価は上々でした。3年の4組，5組，6組の3クラスで行ったのですが，とくに最後の6組では少しながら盛り上がりも見られました。そこで，その6組を中心にして報告をしてみます。

6組は選択の関係で30人，他のクラスは45人です。問題はプリントせずに黒板に書き，それをノートさせました。ただし「読み物」だけは，プリントしておきました。

はじめに仮説実験授業の進め方について説明をして，それからさっそく問題にはいります。〔以下，授業書は要約〕

〔**問題1**〕いま，長さが5mの銅線を2本使って，5mほどはなれている電池と豆電球をつなげることにします。



電線がこんなに長くても，豆電球はつくでしょうか。

予　想　ア．ふつうにつく。　(21名)
　　イ．つくけど，とても暗い。(9名)
　　ウ．つかない。　ナシ

適当な太さのエナメル線が手に入らなかったので，裸の銅線を使いました。最初は「細ければ模型用の被覆線でもいいかな」と思ったのですが，これでテストしてみたところ，豆電球はほとんど暗くなりません。銅線の都合の悪いのは，線が途中でくっつきやすいことです。これは，針金でも同じですが，線同士がくっつくと回路が短くなってしまう（短絡，ショート）のです。

さて，予想はしてもらいましたが，自分から理由を言う人はありません。ただ，これは予期していたことなので，こちらで指名して理由を言ってもらいます。もっとも初対面の生徒が多く，名前はわからなかったのですが。

「㋑つくけど暗い」(9名)の理由は，「電池1個じゃ力が弱いんじゃないか」「線が長すぎる」などです。

「㋐ふつうにつく」(21名)の理由は，「なんとなくなんだけど長かろうと短かろうと関係ない」というもの。

予想変更の人はなし。他のクラスもだいたい同じ理由です。

実験の結果は㋑。「アレレェー」と，半信半疑の声があがりました。

いい雰囲気になってきました

〔**問題2**〕長い銅線を使うと，豆電球を明るくつけることはできないのでしょうか。今度は，電池を豆電球のすぐ近くにつなげてみることにします。このようにしたら，豆電球は明るくつくでしょうか。

予　想　ア．明るくつく。　(1名)
　　イ．問題1と同じくらい。(29名)
　　ウ．つかない。　ナシ

「㋐明るくつく」の理由　「プラスの方から電気が流れるから。電気の場合も電柱に近いと明るいんじゃないかと思ったから」

「㋑問題1と同じくらい」の理由　ほとんどが「なんとなく」

ところが，次に指名した㋑の中川千春君，ちょっと考えてから，こう言いました。

つ！」などといって出すところが違います。さすが軍国調，すごくにぎやかです。㋑

●「チーリコサイ」も「軍艦沈没ハワイ」も，おそろしく古いですね。今では「グー」

「問題1で明るくつくと思ったのに，暗くなったのは電池のエネルギーが線に取られちゃうっていうこと。すると，いくらプラスの方だけを近くしても，マイナスの方からは遠くなっちゃうから同じだと思います」

「スゴーイ！」の声があがりました。彼女は「ちがったらスゴイ恥だね」と言っています。彼女は大柄で，髪はバサバサです。ちょっとツッパリさんです。

㋑は他に「線の長さは同じだから」という意見も出ました。

実験すると，㋑。みんな千春君に尊敬のまなざしです。ここで授業書の3～4ページ「電気抵抗の話」を配布して，読んでもらいました。〔省略〕

〔**問題3**〕電気器具についている電線には，たいてい銅線よりもずっと太い針金が使ってあります（ふつうは，細い針金を何本もたばねてあって，曲げやすくできています）。そういう太い電線（コード）を使ったら，豆電球は明るくつくようになるでしょうか。

予　想　ア．明るくつく。（8名）
　　イ．あまり明るくならない。（14名）
　　ウ．つかない。（8名）

「㋐明るくつく」の理由に，ユニークなものがありました。たとえば，志村真由美「コンセントに接続しても，ボリュームなんかは変わらない。まわりが包んであるから，電流がにげないのかな」というのです。この他にも，楽しい理由が出ました。「やっぱり集まれば強力になる」というのです。

「㋑あまり明るくならない」の理由は，「線が集まっただけ抵抗が大きくなる」というもの。

「ピー」「パー」です。スピードを増すほどスリルがあって興奮します。㉗

「㋒つかない」のは，「㋑の人と同じで，細い線が沢山集まっているんでしょ。それだけ電池の力がいろんなところにいっちゃうから，つかない」という予想になりました。

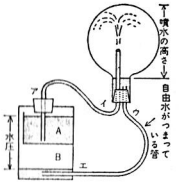
実験の結果は㋐。「アー，明るい」「やった，やった」の声があがります。だんだん，みんなのってきました。

ここで「電気抵抗は線が長いほど大きく，太いほど小さくなる」こと（授業書6ページ「電気抵抗の法則」）を説明しました。

ここまでで，最初の50分が終わりました。3クラスとも同じペースです。

「水池」は実物を見ないとわかりにくい

授業の後半は，まず，お話「回路の中が見えたなら」を配布して読んでもらいました。この話は「電池の電気はどう流れるのか」「水池と豆噴水」「水管や電線の中身のこと」という構成で，授業書でいうと7～16ページにあたります。水池というのは，大型の電池といった見ばえのプラスチック製の器具です。電池が豆電球をともすように，水池は豆噴水を「ともす」のです。



ともかく大変に長い話なので，みんな退屈してしまうのではないかと心配しました。しかし，けっこうよく聞いていました。おそらく，文章自体が予想とその答えという構成で展開していくからだと思います。ただ，6組の授業後の感想で「水池のところがよくわからなかった」「電池のしくみがよくわからなかった」と書いている者が5人いました。たいていの人は「理解度③（ふつう）」としています。

他のクラスで「水池が理解できない」と書いているのは，5組で2人，4組にはいませんでした。しかし理解度の評価は全体的には

●「どんせっせ」というのも「チーリコサイ」型の最新のジャンケンゲームです。これは

6組がいちばん高いので，他のクラスでもおそらく3割近くの生徒は「水池と電池の関係」が十分わかってはいないのではないかと思います。ただ，私はこの授業のときに水池の用意ができなかったので，もし実物を見せて実験をしていたら，ずいぶんちがった感想が得られたかもしれません。

予想外の結果と討論の芽

〔問題4〕は「これまでの実験を，銅線でなく針金（鉄線）でやったらどうか」というものです。（銅線は0.28mm，鉄線は0.45mm）

「㋐銅線よりも明るくなる」(13名）の理由　「鉄の方が流れやすいと思う」「太いから」

「㋑同じくらい」（6名）の理由　「鉄の方がながれにくいが，直径が2倍だから」

「㋒暗くなる」(10名）の理由　「鉄の方が流れにくいから」

「㋓つかない」（1名）の理由　「なんとなく」

あとで㋐から㋒へ2名変更して，㋐11名，㋑6名，㋒12名，㋓1名となりました。

4組でも「㋓つかない」は1名。でも，その久保田道子君は「鉄は相当電気が流れにくいと思ったので。でも，変更したいと思います（エからウへ)」と変更の理由を言ってくれました。一人だけで理由を言うことも，そしてその予想を変更することも，どちらもなかなか勇気のいることです。そして実験の結果はなんと「㋓つかない」だったのです。その久保田道子君の感想です。

「小学校の理科の実験みたいで面白い。ほぼ各問とも予想が当たったのでうれしい。でもほとんどみな直観。問題4で答えを変更してしまったのがくやしいと思う」

他のみんなにとっても予想外の結果だったわけで，矢野晴美「問題4の答えは本当に意外でした」とか，乃一志保「問4の針金の場合，ほんとはつかないと思ったんだけど，一般大衆に流されてしまった」という感想もありました。

この実験，最初に5組でやったときは針金が途中で接触して一瞬ついてしまいました。そこで，それ以降のクラスでは10mの銅線と針金はベニヤ板にうちつけて固定して実験しました。

実験のあと，「金属の種類と抵抗」(授業書18〜19ページ）を配布，読んでもらいました。ここまでで，第1部の「電気抵抗」が終わりです。あと時間がわずかでしたので，第2部「電圧と電流」の問題を一つだけやってみることにしました。

*

第2部で取り上げたのは「電池2個を直列につないだらどうなるか」という問題です。

この予想は，「明るくなる」が多くて29名。「ほとんど変わらない」は1名で，「なんとなく」という理由。「その他」はゼロ。

ところがここで，「直列のときは」「並列のときは」「長持ちするのは」と，中川君と野口千鶴君の討論がおこりました。

野口「直列のときは電池が長持ちしなくって，並列のときが長持ちする。長持ちとかそういう問題だけだから，アレ，イヤ，ちょっと待って！」

中川「明るくなるかどうかだよ」

野口「懐中電灯は？」

中川「直列だよ」

野口「なんかヒントはないか」

盛んにみんな考えています。予想の変更は？　「先生，待って」と野口。「いいんだよ」の声も出ます。

1名が㋑に変更して，2名になりました。㋐は28名に。実験の結果はパッと明るい。「アー，明るい！」「寿命が短くなる」などなど大歓声。

授業の評価と6組全員の感想文

〔面白さ〕		評価		〔理解度〕	
大変面白い	6名	⑤		8名	大変よくわかった
まあまあ	21名	④		10名	まあまあ
普通	1名	③		10名	普通
あまり面白くない	ナシ	②		ナシ	あまりよくわからない
全然面白くない	1名	①		1名	全然わからない

（面白さ①の生徒の理解度は⑤で，理解度①の生徒の面白さは④でした。感想文末の○の中の数字は面白さの評価です。提出もれ1名）

浦井亜矢子「たいへんリラックスして受けれる授業だと思う。みんなのおもしろい発言が聞けて楽しかった」⑤

古関亜矢子「こういう形式の授業は初めてだから，興味がわき，本当に面白いと思いました。もっといろんな人が意見を言うと良いと思います」⑤

板山晴代「なかなか難しく，電池のしくみは今もってよくわかりません。でも，クイズ式なので，わからないなりに自分の考えがもて，まちがえたらまちがえたで，その理由もわかるようになりました」」⑤

野口千鶴「きらいな理科だけど，だんだん興味をもってきた」⑤

岩堀明美「電気のことなんて，もうとっくに忘れてしまっていたので，なんだか最初のころはわからなかったけど，おもしろかった」⑤

渕上貴子「予想を立てて，実験するのがおもしろかった。プリントの水池のところがよくわからなかった」⑤

小林伸子「みんな目が血走ってておもしろかった。でも，内容はいまいちわからない」④

今井美恵「こういう形で授業するのは，とってもおもしろくて楽しい。今まで勉強するのがきらいだった電気も少しは興味がわいてきた。できれば自分たちで実験するのもいいなと思った」④

後は「グリングリン，パリン」とか「チョリンチョリン，グリン」とか言いながら手を変えます。グリン，チョリン，パリンなんてテレビゲームのあの電子音を連想させますね。④

沓沢美香「こういう感じの授業ならいい。理科はきらいだけど，少しだけ好きになりそう」④

熊倉みどり「若返って授業がきけるのでとても新鮮でいいなァ。内容もよくわかりました」④

入江智子「意見の発表とかがあって小学校の授業を思い出して，なつかしくなりました」④

杉山尚美「一つ一つの実験に興味がもてた。でも，電池のしくみなどというものは全く理解できなかった。考えながらやるのはとても楽しいと思う」④

霜田弥生「こういった授業は初めてなのでなかなか面白かった」④

佐藤はるみ「授業のやり方が変わってて今までの授業よりおもしろいと思った」④

竹内尚子「今までの理科の授業と違っていておもしろいんじゃないかと思う」④

加藤陽子「他の授業よりも興味が持てた。でも，2時間もあるので少ししんどい」④

日下部和美「授業のやり方が変わっていた。わかりやすい授業だったと思う」④

上川由美子「今までにも電流についてやってきたけど，やってみて自分があまり理解できてないというのがわかった」④

石川まゆみ「中学でやったことなのに，全然覚えていなかった。でも，今までの授業とちがって面白かったです」④

興津聡子「もっとむずかしい問題をやるのかと思ったけれど，案外簡単な問題だと思いました。でも，電流は昔から嫌いだったので少し詳しい説明になると，あまりおもしろくなかったが，全体的には楽しかった」④

下条さゆり「簡単な問題のようで，わりと間違えているという状態で，何とも言えないけど，面白いでした」④

松崎理香「小学校，中学校の勉強を覚えていれば，わかった問題ももっと多くあったはずだと思う。“なんとなく”でも，立派な理由としてあつかってくれるのが嬉しいです」④

七沢祐子「文字や活字で説明してあるとすぐに忘れてしまうが，実験するとあとあとまでのこるのでとてもよい」④

奥津美香「クイズ式みたいでとてもおもしろかったです。電気のあたりはあまり好きではないし，わかりにくいけれど，こういうふうにやると楽しく学習できると思います」④

石田協子「おもしろかったです。ほとんどクイズ番組ですね。ふつうの授業より，退屈しなくていいです」④

中川千春「こんくらいの程度だったら，いっしょうけんめいがんばっちゃうんだけど，どうせむずかしくなっちゃうんでしょ」④

能沢明美「テストの問題がよみがえってきたようで，なつかしかった。実験がたのしい」④

北村佳子「最初のうちは，面白かったが，つづけて2校時というのは，飽きてしまう。〈電流〉は昔から好きじゃなかった」③

志村真由美「つまらない。2時間もたえられない」①（理解度⑥）

4組と5組の評価は，面白さ・理解度とも，6組の場合とほとんど同じといってよいほどの結果でした。

第2週は，生徒実験で

次の週は感想を書いてもらう時間がありませんでしたので，授業の様子だけを報告します。予想の数字は3年5組のものです。

なお，問題配列は授業書どおりではなく，少し変えて，生徒実験中心の展開にしました。

●ジャンケンで勝ったら，勝った手に応じて歩けるというゲームがあります。パーで勝ったら「パイナップル」で6歩，グーは「グリコ」でチョキは「チョコレイト」ですから3

さて，まず「抵抗」の復習です。

〔**質問1**〕鉛筆の芯（ホルダーの芯，6H）があります。電池と豆電球の回路の途中にいれたら，豆電球はつくでしょうか。

予想　ア．つく　(23名)
　　イ．つかない　(22名)
　　ウ．その他　ナシ

「つく」という理由は「芯は電流が流れると思うから」「鉛は電気を通すから」など。「先生，芯は何でできているんですか」という質問がありました。「芯は炭素です」と答えておきました。

「つかない」の理由は「電気を通さないから」です。

実験では，まず芯の端と端をつなぎます。つきません。「アー，つかない」と生徒は結果を記入しようとしますから，「ちょっと待って」と言って，接点の間隔をだんだん短くしてみせました。すると，ついてきます。そこで，「芯は電流を通します。しかし，間が長いとそれだけ抵抗が大きくなります。間を短くすると抵抗が小さくなって，つくようになります」と説明しました。

次に黒板に「テスターを使おう」と書きました。

〔**実習1**〕100オームの抵抗を測定してみる。きちんと100オーム計れますか。

〔**実習2**〕150オームの抵抗を測定してみる。きちんと150オーム計れますか。

抵抗を測るときのテスター棒の接続について説明し，測り方を，人間と水道管を例にとって教えました。みんな，「テスターは電気部品や金属の抵抗を測るものだ」と思いこんでいたので，人間を測

るというのにはびっくりしています。

人間の抵抗は，ふつうのテスターでは「無限大」です。テスターには目盛がたくさん書いてあるので，生徒はどこをみたらよいのかなかなかわかりません。また，抵抗の測定のときには針のふれ方がちょっと変わっていて，抵抗の小さい方が針がたくさん動くので，多くの生徒は迷っていました。

〔**質問 2**〕CdS（シィー・ディー・エス）は光によって抵抗が変化します。
では，CdS は　ア．明るくなると抵抗が大きくなる。
　　イ．明るくなると抵抗が小さくなる。

予想は㋐が多いのですが，実験結果は㋑。

〔**質問 3**〕サーミスタは温度によって抵抗が変化します。ではサーミスタは　ア．熱くなると抵抗が大きくなる。
　　イ．熱くなると抵抗が小さくなる。

これも㋐が多い。実験すると㋑。

熱くするにはビーカーのお湯を使いました。予想の理由を聞きませんでしたが，聞いてみてもよかったかもしれません。

〔**質問 4**〕1.5Vの電池に100オームの抵抗をつないだとき，回路には何mAの電流が流れるでしょう。
ア．150mA 位　イ．15mA 位　ウ．1.5mA 位

㋐が5名，㋑が37名，㋒が3名でした。まず電流の大きさを測るときのテスター棒の接続を教え，それから実験すると㋑です。ここで授業書のお話「オームの法則」を配布し，読んでもらいました。そして「豆電球が普通につくのが0.3A（300mA）ぐらいです」と説明しました。ここまでで，ちょうど50分です。

電流と電圧

〔**問題 1**〕銅線10mで豆電球と電池1個をつないだとき，豆電球は暗くしかつかなかったけれど，そのとき，その回路には何mA くらいの電流が流れているのでしょうか。
ア．200mA 以上　イ．100～200mA
ウ．100mA 以下

㋐が3名。「銅線は電流が流れやすいので」「さきほど 300mA でつくと先生がいわれた。暗くはなったけれどついているのだから 200mA くらいは流れているのだろう」

㋑が17名。「暗くなったから」「なんとなく」

㋒が25名。「抵抗が大きいので」

それぞれ，それなりに考えています。実験は大きい電流計を使ってやってみせます。実験の結果は 220mA。

〔**問題 2**〕長さ10mの針金では豆電球はつきませんでした。このとき豆電球はつかなくても少しは電流が流れているのでしょうか。
ア．100mA 以上流れている。（3名）
イ．100mA は流れていないが少しは流れている。（42名）
ウ．まったく流れていない　ナシ

㋐の3名は，〔問題2〕で㋐を予想したのと同じ人たちでした。

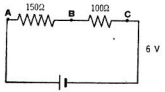
理由は「流れにくいといっても 100mA くらいは流れているんじゃないか」ということです。㋑の理由は「金属だから少しは流れている」。予想の変更はありません。

実験の結果は55mAでした。横浜の「たのゼミ」でやったときには 100mA 以上流れていたので，これは意外な結果です。ちゃんと接続されていないのかと思い，やり直してみましたが，結果は変わりません。授業が終わってからも確認しましたが，同じでした。授業書中のお話「金属の種類と抵抗」に鉄の抵抗は銅の6倍とありますから，結果としては妥当なのです。横浜で実験したときは，途中で線が接触していたのではないでしょうか。

〔**実習 3**〕テスターで電池の電圧（1.5V）を計ってみよう。

テスター棒の接続のしかたを教えて，電圧の測り方を説明しました。測定してみると，新しい乾電池では1.6V くらいの電圧になります。黒板に「電圧というのは，ふたつの点の〈電位〉の〈差〉で決まる。乾電池の場合は，＋極と－極の〈電位差〉が 1.5V あることになります」と書きました。

〔**問題 3**〕150オームと100オームの抵抗を直列につないだ回路の，ＡＢ間とＢＣ間で電圧を計った場合，



ア．ほとんど変わらない。　（4名）
イ．はっきり異なる。　（41名）
ウ．その他。　ナシ

●ジャンケンは片手でするもの，というのが常識。でも，目先を変えて子どもは楽しんで

時間がなくなってきたので，理由の発表をせずに実験してもらいました。ほとんどの班が抵抗と線と電池をどう接続してよいのかわからないようです。また，どことどこにテスター棒をあてればいいのかもわからないのです。生徒は回路図に慣れていないので，図は実物の通りに描かないと実験に時間がかかります。実験机をまわって教えているうちに終業のチャイムがなりました。そこで，できたところの結果を確認して終わりにしました。

ＡＢ間では0.9V，ＢＣ間では0.6Vになります。回路に流れる電流は1.5V÷250オーム＝0.006Aですから，

150オームの方は　150×0.006＝0.9V
100オームの方は　100×0.006＝0.6V

になります。時間がないので，この計算は第３週にまわしました。第３週は最初にオームの法則を復習して「電圧＝抵抗×電流」を導いて上の計算をやり，ここで「オームの法則が回路の一部でも成り立っている」ことを確認して，〈電流〉の授業を終えました。

*

授業書〈電流〉の問題を全部やったわけではありませんが，第１週は仮説実験授業，第２週は生徒実験中心で組んでみたわけです。全体的に好評でした。ただ，第２週は感想文を書いてもらう時間がなかったのですが，感じとしては，授業書どおりにやった１部のほうがウケがよかったようです。私としては，「授業書の２部以降はお話・計算・測定の繰り返しが多いので，これでは生徒の興味がもたないのじゃないか」という心配が（もちろん，時間が足りないという事情も）あったので生徒実験を中心にしてみたわけです。ところが，結果的にはこれがよかったとは思えません。「生徒実験のほうが生徒の興味をそそる」ということはないようです。「実験」というものについて改めて考えさせられました。なお，２時間つづきというのは，やっぱり生徒にとってはきついようです。

います。「ジャンケンポイポイ」と言いながら，片手ずつポイポイにあわせてグーチョキ