

# 「基礎科学実験」の立ち上げと現状

—柳雅則

愛媛大学工学部

## 概要

愛媛大学工学部では新しい教育プログラムの一環として平成 13 年度より、新入生を対象に「自然科学や工学に関する基本的な実験を通して、物づくりの体験と知識を学ぶ」という方針で基礎科学実験<sup>[1]</sup>を実施している。そのうちのひとつの実験課題である「点接触型ダイオードとラジオの製作」では、簡単な鉱石ラジオの設計・製作、放送を受信することで、物作りの基礎や現象の測定方法を体験学習する。本報告は実験を立上げるときに生じた問題とその解決策および現状を報告する。

## 1 実験の概要

図 1 に課題実験の概要を示す。鉱石に金属の針（探針）を押し付けると、整流作用があるダイオードを作ることができる。これをラジオ受信機の検波器に用い、同調回路のパーツであるコイルとコンデンサも自作して受信機を完成させる。音声の試聴にはクリスタルフォンを使用する。

実験は点接触型ダイオード（以下点接触型は省略）の製作とラジオの製作のふたつに分かれる。ダイオードの製作では、複数の鉱石と金属針を組み合わせることで整流特性を測定・評価する。ラジオの製作では、目的の周波数に同調するコイルとコンデンサの値を計算によって求め製作する。

### 1.1 ダイオードの製作

受信機の基板に探針（鉄、黄銅、タングステン）と鉱石（方鉛鉱、黄鉄鉱）を保持するホルダを取付け、探針を適当な大きさに砕いた鉱石に点接触させてダイオードを作る。このとき、接触圧力が常に一定になるよう探針とホルダの間に圧縮コイルばねを挿入する。ダイオードの整流特性は図 2 に示すように、信号発生器からの三角波を探針 鉱石に流し、波形の変化をオシロスコープで観測する。CH1 は元の波形を、CH2 はダイオードで整流された波形を測定する。整流特性は接触させる部位で大きく変わるため最良の所を探り、デジタルカメラで撮影する。図 3 に結果の一例を示す。図中の (a)は通常の電圧-時間関係を、(b)は整流特性を比較しやすくするため、元の波形を X 軸に、整流後の波形を Y 軸にとって、同じ時刻での電圧をプロットしたものである。三角波が整流されなければプロットは 1 本の直線となり、整流の効果が大きいほど 0V での折れ曲がり角度が大きくなる。図 3 の例では、CH2 の波形は、CH1 の元の波形に比べてマイナス側の

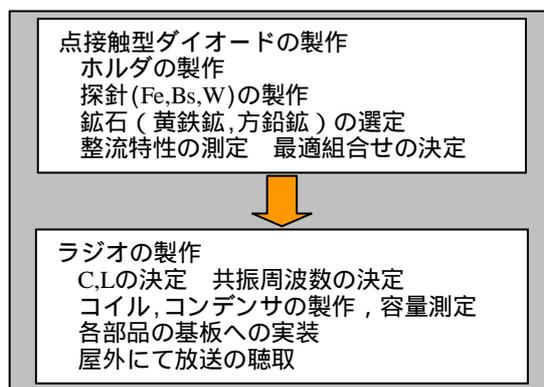


図 1. 実験の概要

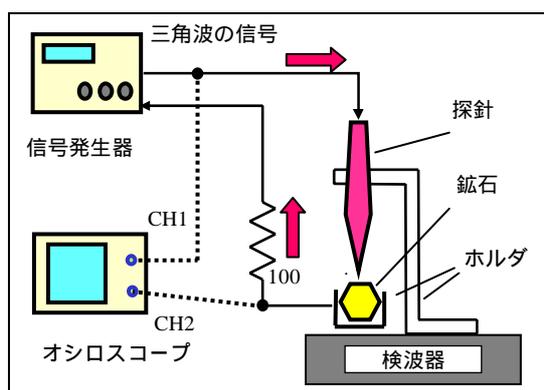


図 2. 整流特性測定回路

電圧が著しく低く，ほとんど電流が流れていない．つまり，このダイオードは優れた整流特性を持つことを示している．すべての探針と鉤石の組合せの整流特性を測定し，最良の特性が得られたものをラジオの検波器に使用する．

## 1.2 ラジオの製作

ラジオの回路図を図4に示す．回路は特定の電波を選ぶ同調(共振)回路，音声に変える検波回路(検波器)およびクリスタルフォンで構成される．

つながれたアンテナより，世界中の放送局からのいろいろな周波数の電波がラジオに入ってくる．その中から，同調回路で目的の周波数の電波のみを選び出す．しかし，そのままでは交流信号のため，プラスマイナスが打ち消しあって音声信号にならない．検波器によって一方向の電流を取り出し，クリスタルフォンで音声信号にする．

同調(共振)回路はコイル( $L$ :インダクタンス)とコンデンサ( $C$ :容量)で構成され，共振する周波数は  $f = 1/2\pi\sqrt{L\cdot C}$  より求められる． $C$ は50~100pF程度になるものを，ボール紙とアルミホイルをサンドウィッチして製作する． $L$ はコイルの直径および巻き数によって決定される．直径32ミリのパイプに直径0.4ミリのホルマル線を巻きつけたとき，巻き数  $N=80$  で  $L = 1.8 \times 10^{-4} \text{H}$  となる． $C=50\text{pF}$  のとき，共振周波数は  $f=1700\text{kHz}$ ， $N=120$  で  $f=1350\text{kHz}$  となり，日本国内のAM放送帯域に収まる． $L$ や $C$ を可変にすれば最適な同調がとれるが，本実験では製作を簡易にするため可変機構はとらず，目的の周波数にあうようコイルを何種類か作ることで対応している．

最後に製作した各パーツを受信機基板に取付け，結線してラジオは完成する．試聴は屋上に設置したアンテナ(空中線)とアースに接続して行う．聴取できる放送局はNHK第一および南海放送であるが，周波数が近いと放送局の発信アンテナが極めて近くにあるため，混信して聞こえる．コイルの巻き数や天候の具合によって，NHK第二や大陸からの放送が聴取できることもある．

## 2 実験準備段階での問題点と解決策

「自分で作る，動作原理を理解して作る，パーツのブラックボックスはできるだけ避ける」の方針で実験の進め方を検討した．ダイオードの製作では，いろいろな材料を組み合わせて整流特性の測定・評価することで，ダイオードの特性を理解させる．ラジオの製作では，講義担当教官が別の講義で試作したものや市販の組み立てキットなどを参考に試作機を製作し，これに基づいて実機の仕様を決めた．実験ではその仕様を課題として与え，部品の設計・製作および組み立てることでラジオの原理を理解させることにした．

決定した事項を具体化する段階で，いろいろな問題が生じた．図5にダイオード製作の問題点を，図6にラジオ製作の問題点の一部を示す．一番の問題はどちらにも共通することで，実験課題担当者(筆者)のテーマに対しての知識がほとんどなかったことである．この時点で，基礎科学実験が始まるまでの期間が3ヶ

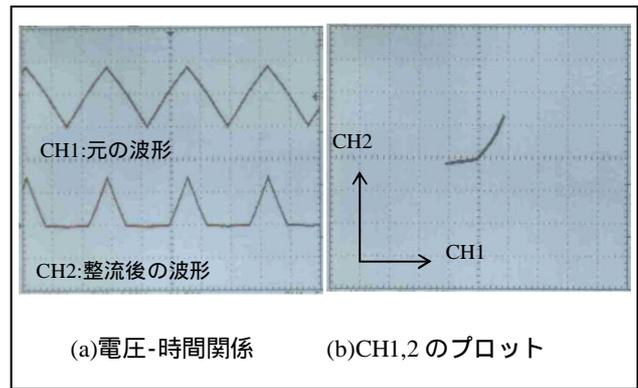


図3. 整流特性の測定結果

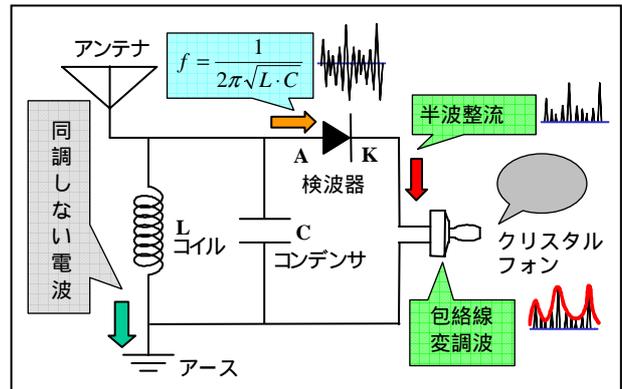


図4. ラジオ回路図

関連知識の不足
インターネットによる情報収集, 関連図書
圧縮ばねの入手が不能
0.2ミリの硬質な針金をコイルして自作
整流特性の測定結果 (オシロの画面) の保存と出力
デジタルカメラで画面を記録・パソコンで処理
測定結果の優劣の判定 (微妙な整流効果の組合せ)
整流の前後を合成すると比較が容易

図 5. ダイオード製作の問題点

関連知識の不足
インターネットによる情報収集, 関連図書
販売されているキットは 1個5,000円と高価
プロトタイプ(キット)を参考に, パーツを調達し自作する
キットでは可変コンデンサ 巻き数可変コイルを使用
50pFのコンデンサを自作 巻き数が違うものを工作
検波器の動作が不安定で試聴がうまくいかないときは
ゲルマニウムダイオードを用意

図 6. ラジオ製作の問題点

月しかなく, 関連する専門図書を入手して勉強する余裕はなかった. 解決策としてとりわけ有効だったのは, インターネットによる情報の蒐集である. また, 昨今のレトロブームによるものか, 「大人のための科学」云々なるものが放送・出版で紹介され, それも大いに役立った. このようにしてにわか仕込みの知識ではあるが, 問題の多くはクリアできた. ダイオードの特性測定データの処理(オシロスコープの出力)については, 専用の計測器の導入は時間・予算的に問題があるため, 画面をカメラ撮影する最も簡単な方法を取った. デジタルカメラやコンピュータを直接操作するためか, 学生には好評のようである.

結局, 実験開始に形だけは間に合わせることはできたが, 実際に講義をしてみると小さな不備が多くあり, それらを改善しつつ現在に至っている.

### 3 理解度の調査結果および考察

実験の学習効果や改善点などを知るため, 14年後期と15年前期に受講した学生に対して実験の理解度と感想について調査を行った.

#### 3.1 実験内容の理解度

ダイオードの製作の内容理解度について, 14年後期と15年前期の二学期にわたって調査した結果を図7に, 同様にラジオの製作についての結果を図8に示す. 調査は講義終了直後に「実

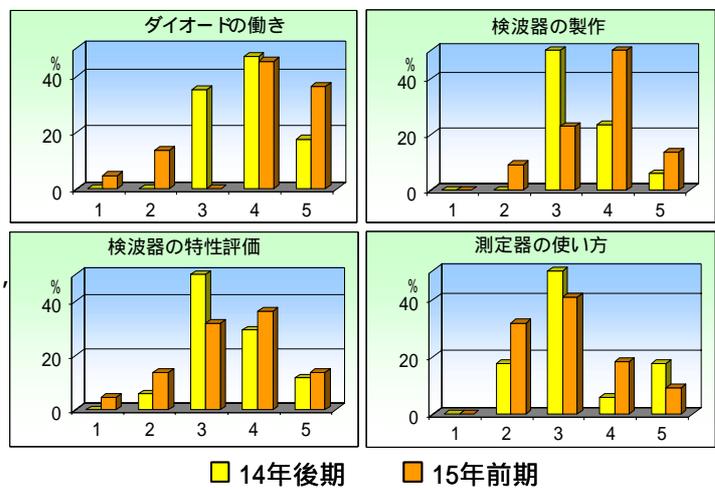


図 7. 実験内容について五段階自己評価 (ダイオードの製作)

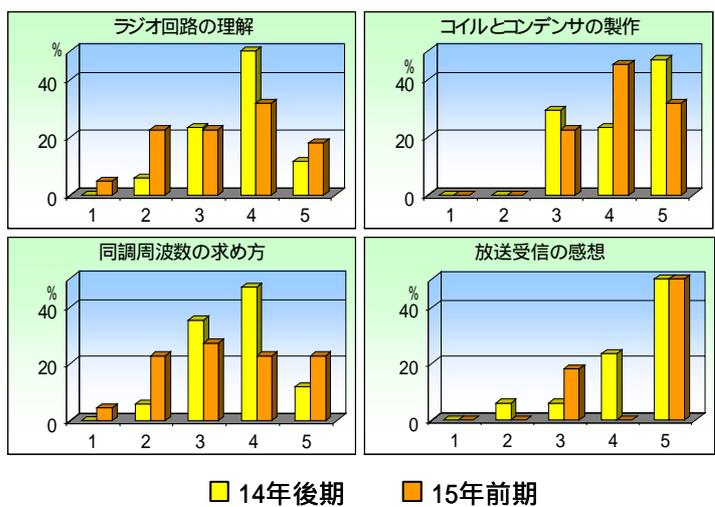


図 8. 実験内容について五段階自己評価 (ラジオの製作)

験の内容がどの程度理解できたか」を五段階で自己評価してもらったもので、5が最良、1が最悪である。

調査結果をみると、すべての項目でおおむね良好な回答を得ており、実験の内容や進め方はある程度の妥当性が確認できた。実施年度による傾向が明確に見られる項目は少ないが、ラジオの製作の「ラジオ回路の理解」および「同調周波数」に関する評価が15年前期のほうが若干低くなっている。理由として、14年度は初めての課題実験のため説明が15年度に比べて、ていねいすぎたのではないかと考えている。15年度は基礎科学実験の基本方針のひとつである「自発性と積極性」を尊重したこと、あるいは担当者の慣れによる手抜きがあったかもしれない。基礎科学実験は、課題に対して能動的に体験し、理解することを目的としている。専門教育課程の各学科の工学実験の「課題達成型」とは異なる実験の進め方をとるべきと考えている。そのため、現状を把握するための定期的な調査や自習型教材の導入も検討すべきであろう。

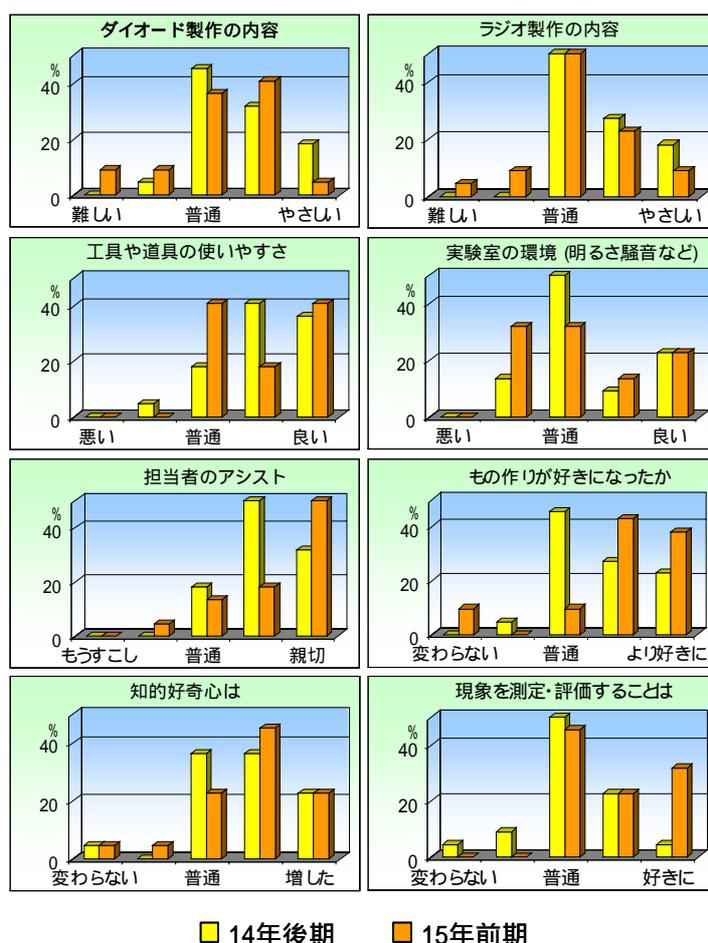


図9. 実験を終えての感想

### 3.2 実験全体の感想

図9に「実験を終えての感想」の調査の結果を示す。前節と同様に良好な結果を得ており、特に「工具や道具の使いやすさ」「担当者のアシスト」に高い評価を得ていることは実験支援担当者として満足の一つである。もっとも、安全教育のため実習時間のかなりの時間をとっているが。

ふたつの製作とも内容の難易について「やさしい」側にシフトしているが、理由が実験の内容そのものが平易だからか、十分な説明によるものなのかわからない。課題のレベルを上げるべきか、進め方を変えるべきかは二律背反の関係であり、3.1節で触れているように今後の課題としたい。

実験を終えて以前にまして「もの作りや現象の観察が好きになった、知的好奇心が刺激された」という回答が多かったのは、図8の「放送受信の感想」が高い評価を得ていることに象徴されていると思う。

## 4 まとめ

基礎科学実験の1つのテーマの立上げに係わり、支援担当者として役割を果たすことができた。受講した学生への調査結果より、実験内容や進め方がある程度妥当なものであることが確認できた。また、問題点についても一部ではあるが把握できたので十分検討し、今後の課題実験の充実に役立てたい。

## 参考文献

[1] 愛媛大学工学部実験実習実施委員会, 基礎科学実験実施報告書, 平成15年3月