

平成 14・15 年度

大阪市教育局

「個性が輝く学校づくり推進事業」研究校園

【教科に関する研究】

## 研究主題

「生きる力」を育む合科授業をめざして

理科と技術家庭科(技術分野)の合科授業における教材の開発

平成 15 年 11 月 12 日 (水)

大阪市立昭和中学校

## はじめに

本校は、平成14・15年度、大阪市教育局「個性が輝く学校づくり推進事業」研究校園の部に応募し、2年研究校園の指定を受けることになりました。研究主題として「『生きる力』を育む合科授業をめざして」を設定し、選択教科の授業の活用とその教材づくりの研究に取り組んでまいりました。

平成14年度全面実施の学習指導要領で示されているように、選択教科の幅の拡大や内容の充実は、生徒の個性を生かし、生きる力を培う上で大変重要なことです。その趣旨に沿って、出来る限り生徒が選択できる幅と機会を増やすことを目標に検討を重ねましたが、11教科すべてを開設することになると本校のように8学級（内1学級は養護学級）の小規模校では、物理的に思うにまかせないのです。しかし、すべての教科を開設したい。そんな苦心の中から2時間連続の選択授業の案が生み出され、2時間を分割して2教科開設したり、合科授業を創設したりすることによって、生徒選択の幅と機会を増やし人員不足を克服できるのではないか、また、教科間の学習内容の重複の精選や分離による学習効率の低下を防止できるのではないかとこの予測に至り、本研究に取り組んでまいりました。

2年間の研究の結果、技術科と理科の取り組みは、生徒の興味関心を高め、知りたいときに追求できる機会を増やし、意欲の低下が防げるなど、かなりの成果が見られます。研究はもっと他教科間での合科授業の教材の開発、人員不足の克服法など進めるところは多く、まだまだ不十分です。ご意見をいただき、研究を続けていきたいと考えています。今後ともよろしくご指導をお願いします。

また、本研究の推進にあたり、多大のご支援とご指導をいただきました大阪市教育局委員会をはじめ、関係の皆様方に心より感謝を申し上げ、ごあいさついたします。

大阪市立昭和中学校長  
池 田 敏 夫

# 目 次

## ・はじめに

### 本校の概要

1．本校の教育目標 .....	1
2．本校の授業枠組み .....	2
3．本校の選択教科 .....	3

### 「生きる力」を育む合科授業の概要

1．合科授業でめざしたもの .....	5
2．平成 14 年度の取り組み .....	6
3．平成 15 年度の取り組み .....	13
4．2 年間の取り組みから見てきたこと .....	20

### 添付資料

・モーター製作プロジェクト .....	21
・2 極整流子モーター設計図 .....	31
・陰極線について .....	32

添付資料については平凡社百科事典はじめ各種資料を参考にさせていただきました。

## 本校の概要

### 1. 本校の教育目標

個性を生かし、自ら学ぶ態度と心豊かにたくましく生きる力を養い、人間尊重の精神を基盤とした教育を推進する。

- 1) 基礎的・基本的な内容の確実な定着を図るとともに、個性を生かした教科指導の工夫並びに充実を図る。
- 2) 個に応じた指導を一層充実させ、生徒一人一人が自分の良さや可能性を生かし、自らが学び続ける意欲を持つよう支援する。
- 3) 基本的な生活習慣の定着を図るとともに、自然や人とのふれあいを通して、集団の一員としての自覚と責任を持ち、豊かな心で主体的に学び、行動できる生徒を育成する。

#### ・教科指導の重点

生徒が自主的・主体的に学習する授業の創造に努める。

#### ・具体的方策

- 1 学習内容の精選をはかり、生きる力を育むことをめざした指導法を創意工夫する。
- 2 生徒一人一人の学力の実態を正しくとらえ、個に応じた指導に努める。

## 2. 本校の授業枠組み

日課表

時限	曜日	月	火	水	木	金
	8:30 8:35	生徒集会	職員朝礼			
			短学活			
1 限	8:45 9:35	道徳		2年選択		
2 限	9:45 10:35	3年選択A		2年選択		
3 限	10:45 11:35		3年選択B			
4 限	11:45 12:35		3年選択B			
5 限	1:20 2:10				特活	総合
6 限	2:20 3:10			2,3年総合	総合	総合
	3:15 3:25	短学活				
	3:40	清掃				
	5:15	生徒相談、生徒会活動、部活動、学年打ち合わせ、研修会、企画委員会、職員会議、他				

印は教科の授業

週時間数

区分	国語	社会	数学	理科	音楽	美術	保健	技家	英語	選択	道徳	特活	総合	合計
1年	4	3	3	3	2	2	3	2	3	0	1	1	3	30
2年	3	3	3	3	1	1	3	2	3	2	1	1	4	30
3年	3	3	3	3	1	1	3	1	3	3	1	1	4	30

### ３．本校の選択教科

本校の選択教科は、２年生２時間、３年生３時間の枠で実施している。具体的な内訳は次の通りである。

校内でわかりやすくするために２年の選択は選択 、 とよび、３年の選択は選択Ａ、選択Ｂと呼ぶことにしている。

#### ２年の選択教科

選択 （水曜日の１時間目）

教 科	内 容
国 語	基礎コース 小学校の漢字、語句等を復習しつつ、読解力を高めていく。プリント中心学習
社 会	・地理的分野の復習 ・新聞を使って、世界情勢を知る。
数 学	プリント学習が中心。
理 科	理科を究める。調べたり、実験したり、問題を解いたり...
英 語	英会話中心の発展コース

選択 （水曜日の２時間目）

教 科	内 容
音 楽	合唱およびギター
美 術	木工、竹工
男子体育	ソフトボール
女子体育	室内球技
技 術	パーサライタの製作、アニメーションの制作 材料費として 1200 円必要です。
家 庭	テディベアの製作 ・学校のはぎれで製作 ・製作費不要

### 3 年の選択教科

#### 選択 A（月曜の 2 時間目）

教 科	内 容
国 語	今までの復習をしつつ、応用力もつけられるようがんばれ！ プリント学習中心
数 学	プリント学習中心 口頭説明します。
英 語	基礎コース ・ 1 , 2 年生の復習
	発展コース ・ 英会話中心の発展コース（ L L 教室にて）

#### 選択 B（火曜の 3 , 4 時間目）

教 科	内 容
男子体育	ソフトボールおよび屋外球技
女子体育	室内競技
美 術	ペン画
技術理科	モーター（発電機）の製作。 半導体、コンピュータの原理の学習 パソコンの組み立て
社会/音楽	3 時間目：社会 ・ 地理・歴史の復習 ・ 新聞を使ってのいろいろな学習活動 4 時間目：音楽 ・ 和楽器 ・ 合唱
家 庭	・ クッションカバーの製作 （パッチワーク、刺繍、アップリケの手法で製作） ・ 布地は各自で準備

※選択 B は 2 時間連続。男子体育、女子体育、美術、理科技術、家庭は 2 時間連続。社会音楽は 1 時間ずつで交代。

## 「生きる力」を育む合科授業の概要

### 1. 合科授業でめざしたもの

平成14年2月、新教育課程開始に向けて、選択授業についての検討が進む中で、3年生の選択3時間の内、2時間を連続したものとすることが決まった。

各教科で検討の上、どのようなカリキュラムにするかを決めなければならなかった。

理科(堀端)としては日常生活にとけ込んでいる直流・交流や電流の正体などが新しい教育課程で削除された項目の中にあるのは納得できなかった。これは、コンピュータ全盛の時代に、電流の本質を何も知らないままブラックボックス化している。技術立国をめざすなら、理科嫌いを少しでも減らすのであればこういうところをブラックボックスにしていけない。他にも山ほど気になる点はある。ブラックボックスを明らかにする理科をやってみたいという思いがあった。

技術科(杉村)においてもまた同様であった。ブラックボックス化したコンピュータのソフトの使い方を学習するが、その中はどうなっているのか、その中でどのようなことが行われているのか知るよしもなく授業が進む。昔なら、エンジンを分解して、構造を知って理解していたのに、コンピュータではブラックボックスのまま。それはおかしいのではないか。

それなら、関連している部分をお互いに出し合って、境界的な部分を中心に一緒にやろうかということになった。

では、技術と理科の境界的な部分にはどんなところがあり、どんなことができるのだろうか。年度あけの4月早々から開始されるので、新年度の準備の忙しい中、時間を見繕って協議してみた。まずは思いつくまま出し合った。

- ・反射望遠鏡をつくる。
- ・モーターを作る。
- ・コンピュータの原理を究める...などが候補に挙がった。

授業開始が目前に迫る中、悩んでいるよりは、まず始めてみよう、入りやすいモーターから取り組むことにした。

漠然と始まったが、基本的な姿勢はブラックボックスを明らかにしながら、理解を深め、自分たちで分解したり、作ったりして、それを公開できる形にまとめ上げるという欲張った計画となっていた。



## 2. 平成 14 年度の取り組み

### 1 はじめに

どの教科も「生きる力」を育む授業の創造を目指し取り組んでいるが、必修教科の授業時数が削減された中、どのようにしたらより効果的な授業が行えるか手探りの状態が続いていた。そこで目をつけたのが選択教科の授業（以下、選択とする）である。この選択をうまく活用すれば「生きる力」を育む授業が創造できると思い取り組んだ。

平成 14 年 2 月、新教育課程開始に向けて、選択についての検討が進む中で、3 年生の選択 3 時間の内、2 時間を連続したものとする事が決まった。各教科で検討の上、理科と技術は、お互い似たような領域があり、理科は原理を中心に授業をし、技術は応用に力を入れて教えていた。理科としては新しい教育課程で削除された項目の中に、日常生活にとけ込んでいる直流・交流や電流の正体などがあり、コンピュータ全盛の時代に、電流の本質を何も知らずブラックボックス化のまま学習している。また、技術科においても同様である。

子どもたちの疑問（なぜだろう）から出発して、どのようになっているのか（しくみ）を理解し、どのように利用（応用）すればよいかまで、自分たちで試行錯誤（体験）しながら取り組むには、かなりの授業時数が必要である。それなら、関連している部分をお互いに出し合って、選択（合科）として取り組めば、ゆとりを持って授業展開ができると考えた。

その結果、日常生活に活用できるようになれば、「生きる力」の授業につながると考えて取り組んだ。

### 2 境界的なもの

では、理科と技術の境界的な部分にはどんなところがあり、どんなことができるのだろうか、4 月早々から開始されるので、学期初の忙しい中、時間を見繕って協議してみた。まずは思いつくまま出し合った。

- ・ 反射望遠鏡をつくる。
- ・ モーターを作る。
- ・ コンピュータの原理を究める...などが候補に挙がった。



悩んでいるよりは、まず始めてみようと、入りやすいモーターから取り組むことにした。

### 3 理科の教師が主で、技術の教師が従の授業

一番基本的で、原理がわかる「クリップモーター」を理科室でつくることにした。それも究極にシンプルなものを選んだ。

モータープロジェクト（冊子 p.21 参照）を用いて、簡単にモーターの歴史と動作原理について説明する。こちらで材料を用意して、作り方を簡単に演示しながら説明する。ポイントはエナメル線の剥き方である。片方は全部剥けば良いのだが、もう片方は3分の1程度残すのがポイントである。（失敗のほとんどがこの部分の剥き方である）

30秒回転したら、成功したものとみなすと宣言しておいた。

材料を取らせて、早速電機子の部分の製作に入る。試験管にエナメル線を2, 3回巻かせて、電機子の基本部分は完成。

早いものは5分程度で電機子ができたが、残念ながらうまく回転しなかった。だいたい15～20分くらいでなんとなく形ができてきて、回るための調整に苦労をしているものがほとんどだった。

予備実験でもフェライト磁石では弱くて、アルニコ磁石を用いると豪快に回転した。今回は発電機を分解して取り出した強力な磁石を使ったが、それでも磁極の位置の関係か、なかなかうまく回らなかった。磁石の配置が重要な鍵になっているようで、磁石を手にとって場所を変えると勢いよく回りだすものが出てきた。デザインの良いように電池の上に磁石を乗せるだけで回転するところまでは行けなかった。

1限目である程度回りだす生徒も出てきたが、まだまだ回転するところまで行かない生徒の方が多かった。

どうしても、エナメル線の削りが不十分なものが多いので、黒のマジックで着色し、わかりやすくした。また、削りすぎてしまった場合は、マジックを塗って、絶縁の代わりにしたら、それなりにうまく動作した。（少し回転させているとはげてくるのが難点）

2限目では、回転した実績のあるものには電池を強力にした3Vバージョンの製作を課題とした。

手分けして2人の教師とも、回っていない生徒のところに行っては、電機子や磁石の配置を調整したり、アルニコ磁石でパワーアップして、何とか30秒程度まわるようにして回った。

まだこの段階では、生徒も不馴れで先生の活用もうまくいかず、また、教師の方もコミュニケーション不足で、2人の力が十分発揮できていなかった。それも、授業を続けるうちに生徒も慣れ、いつどの教師を活用すればよいかもわかってきた。教師側も反省会を経ることによって、出場・出番がわかってきた。

### 4 技術の教師が主で、理科の教師が従の授業

第1回目のクリップモーターは、規模も小さく、迫りに欠けるものであったが、目指

すはばりばり回る「電動機」だ。材料の調達の時間が必要なので、次からの数時間はパソコン教室で最終のまとめをHTMLでつくるためのタグについての学習をすすめた。

最近ではHPをつくるのにタグを使わなくても簡単にしてくれるソフトもあるが、本校では一番基本となるタグから書き上げていく方法をとった。その方がHTMLの表現方法が見えやすいと考えたからだ。ただし、最終的な編集にはタグの付けやすいSuperTag32というソフトを利用した。

しばらく学習した後、デジカメで撮った写真などを大きさの制御も含めて貼り付けられるようになり、準備万端整った。

よく回るモーターづくりへ

いよいよ技術室に入って作業に入る。

まずは先生が作ったモーターを見ながら、各自が同じものを作るのだということを説明。

消費電力が小さく、力のあるモーターであるほど良いものとすると言。

材料と工作の手順について大まかに説明し、まずは界磁石と軸受けの部分の製作から始める。

軟鉄の板を各自決められた長さに切り、やすりをかけ、ボール盤でネジ穴および電機子の軸受け穴を開け、折り曲げる。はかどる者もいれば、手間取る者もいた。

旋盤を使って整流子を取り付ける部品の加工、界磁石、電機子の磁界を強めるための亜鉛鋼板の切り出し、整流子の銅板の切り出しなどを行った後、いよいよコイルを巻き始める。



電機子の部分が巻き終わった者はいよいよ整流子の部分に取りかかり、モーターの完成は近づいてきた。電機子のコイルの部分と軸の部分の半田付けが少々難航した。かなり容量のある半田ゴテでないと熱量が不足して、半田が溶けず、固定できない。

2学期に入っても製作が続き、そろそろ完成が近づいてきた。1号機は不発に終わった。原因の特定は難しく、ブラシの接触不良、ブラシのショートなどが考えられるので、ブラシ周辺の整備を指示。2号機は直流では電流を喰いすぎて、電源装置のブレーカーがあがってしまい、動作しなかったが、交流で強引に電流を流すと、何とか火花を散らしながら回転した。3号機はいきなり交流で回すと、すんなり、きれいに回った。しかし、直流ではやはり大きな電流を必要とし、ブレーカーを何度も落としながらろうじて回転した。できればもう少し少ない電流で回転させたかったが、精度の問題なのか難

しかった。

一部の生徒には3極モーターの製作に入らせる一方で、9V 1Aのトランスをかませて動作させようと試みたが、どうにも電流が少なくて、何とか回転しています程度の動作はさせることができた。三極モーターは電機子の部分だけ作れば基本構造は流用できるので簡単に進むと思われたが、電源をつないでみると、どうも磁極のジレンマ（いやトリレンマ）が発生しているようで、改めて点検してみると、一つだけコイルの巻き方が逆になっていた。気を取り直して、まき直すと無事動作した。

別の者には誘導モーターもつくらせてみたところ、電力は喰うものの、うまく動作した。

この頃になると、2人の意志の疎通も十分で、あうんの呼吸でお互いの補完ができるようになってきた。

## 5 まとめ

これまでの活動は今後のまとめに使えるように随時デジタルカメラで記録しておいた。（主に従の教師が）

モーターをつくる過程を各自でHTMLにまとめることで前期を終えようと考えていたのだが、一部にまだモーターが完成していない者がいたので、二手に分かれて、パソコン教室と技術室で授業を進めることになった。この場合のように、合科で複数の教師がいる方が、機動性に富み、お互いの長所が発揮できて良い。

最後までそれなりに順調にきたこの講座であるが、デジカメで撮影したモーターが回転する動画が本校のパソコンでは表示できないことが判明した。OSならびにブラウザのバージョンが古いためにmpegを表示してくれないのだ。

手数が多かったが、mpegをgifアニメに変換して、なんとか動画を見えるようにはできたが、解像度、フレームレートが落ちたために画像が汚くなってしまった。

それでも何とか表示できるようになり、各自のページも続々完成してきた。最終の締め切り日には昼食の時間にくい込んでまで完成させようとがんばった生徒もいた。

できあがったホームページには各自の感想なども書くように指示した。

その中からいくつか抜粋しよう。

・このモーターを作ってみて思った事は、意外と面倒。なかなか回らないし、回らなかったらいちいちエナメルをほどいたりしないといけないのでとてもしんどかった。楽しかった事はプラスチックのパイプの中を削って穴をひろげる機械を動かすのが楽しかったです。回ったときはとてもうれしかったです。

・楽しかった。

・なかなか大変な作業が多かった。少しは手作業がうまくなった気がする。しんどい作業が多かったけれど、モーターが回ったのはうれしかった。

生徒が書き上げたHTMLの一部を紹介しよう。

```
<HTML>
<HEAD>
<TITLE>モーターの製作</TITLE>
</HEAD>
</FONT>

<FONT SIZE="5" COLOR="blue" FACE="MS 明朝">材料</FONT><P>
```

(以下略)

楽しみながら書いているのがわかる。



最後に(今後の課題も含めて)

実際に作業しているとき、楽しそうにやっている。しかし、うまくいかないとめげてしまう。その辺りが少々気になる。感想文にもあるように、完成してみると、またうれしいものなのだ。実験や実習で、実際に手や身体を動かし、試行錯誤しながら、完成させたときの達成感や成就感をもっと体験させてやりたい。

そういった体験の積み重ねが「生きる力」へつながっていくのではないかと考えている。

そのためにも、教材開発の時間や打ち合わせの時間の確保なども含めて、ゆとりのあるカリキュラム編成を行わなければならない。その時間の確保をどうするかが今後の課題である。

また、合科チーム・ティーチングにおける教師の役割分担(主・従や並列など)や教師の効果的な出場・出番などを研究する必要がある。

さらに、合科のメリット・デメリットも併せて研究していきたい。

## 6 後期の取り組み

後期も前期とほぼ同じメンバーで始まった。

後期の大きな目標として、物質を究めようというテーマの元に、半導体を手始めに、金属などについていろいろと取り組んだ。

### ① 理科の教師が主で、技術の教師が従の授業

第1回目はまず、NHKの技術立国日本(第1回半導体について)のビデオを見て珪石から半導体の素子ができるまでのドキュメンタリーをみる。

その後、原子のしくみから周期律表へ話を進め、金属と非金属、不活性ガスなどの分類と、金属と非金属の境目にある幾種類かの元素について、簡単に説明する。この境目



にある元素が半導体をつくる元となっていることを説明。技術教諭の持っている、シリコンウエハを回覧する。(滅多に見られないし、まして触ることはまず無いゾ)

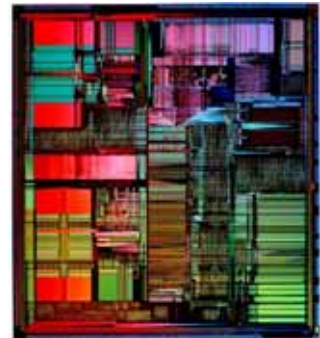
基本的に手や身体を動かすのが好きなメンバーだから、座学はあまりおもしろくないようだ。だが、今後の流れからは必要なことなので、あえて取り組んでみた。

半導体に続いて、トランジスタが発明され、どのように進歩してきたか引き続き「技術立国日本」を見た。そして、現在のコンピュータの基本的な設計思想を完成させたフォン・ノイマンの生い立ちとその基本的な設計思想をいかにつくっていたのかについて、VTRで学習した。

## ② 理科教師・技術教師の並列の授業

コンピュータのしくみを理解するシリーズとして、これまでビデオで見てきたICやLSIを実際に見てみよう、いよいよ実際に手と身体を動かすときがやってきた。

顕微鏡やビデオカメラ付き顕微鏡で、CPUやEPROMを分解して、その微細なしくみを観察した。(8Bの研究発表の授業)



これぞ理科と技術の融合だ。技術で顕微鏡やカメラ付き顕微鏡を扱うことはないし、理科でCPUを扱うこともない。単に技術的な問題だけではなく、コンピュータというブラックボックスを明らかにしていく流れで必然である。

美しく、整然としたCPUはそれだけで神秘的でさえある。しかし、そこに人間の知恵が注ぎ込まれていることを知ってもらいたかった。

## ③ 技術の教師が主で、理科の教師が従の授業

しくみを理解しよう第2弾として、4人一組の班で、与えられたコンピュータをいったん各部品に分解し、それを再び組み立て直して、起動させるまでをやってみた。作業の途中をデジカメに記録した。これは次時以降にレポート作成の資料とするためである。

分解という行為は生徒たちにもなかなか評判である。ただし、再組み立てがあるので、慎重に、どこにどのように接続されていたのか確認しながらやるのだが、これも経験の豊富なメンバーと初めてのメンバーで作業の一つ一つにも違いがあったが、経験のあるメンバーのやり方を見ながら善戦していた。

が、再度組み立ててみたものの、起動しなかったマシンもあった。

次の時間はパソコン教室でプレゼンテーションソフトパワーポイントの使い方の基本的な学習を行う。例題として、「昭和中学校を紹介する」を作成。

ここではコンピュータが好きな生徒は威力を発揮。たちまち使い方をマスターし、楽

しいプレゼンを作り出していた。

学校の紹介ができたなら、続いて、コンピュータのしくみを解説するプレゼンを作成する。これが本来の目的だ。

学校の紹介の制作で慣れている分、すぐにできてしまったようだ。十分にお遊び的な要素も加味して、なかなか楽しいものができあがった。

3年生は3学期が早い。気がつくやうに、あと2回(4時間しか残っていない)。

残り二回は技術室に戻って、パーサライタをつくることにする。基盤を露光して、作成するところからはじめて、エッチング、切り出し、基盤に穴を開け、部品を並べ、半田付け...なれているのか、なかなか作業の進み方が速い。

最終回は、前回の続きで、EPROM にプログラムを書き込み、いよいよ完成。しかし、半田付けはできたものの発光ダイオードが思ったように発行せず、半田付けの異常が問題と判明したので調整することでほとんどがうまく動作した。

## 7 一年を振り返って

一年間を通して、子どもたちの「生きる力」がどれだけ育まれたのか評価するのは簡単ではないが、各時間、生き生きと取り組んでいるのは表情や言葉の端々で見られた。

自分の体験をその体験のままで置いておくのではなく、それを発表し、広めていくことの重要性について新しい教育課程でも述べられている。

実際に発表する時間的な余裕がなかったが、その方法としてのHTMLの記述の知識と実際、パワーポイントによるプレゼンの意味とプレゼンを実際につくる技術的な学習も行うことができた。そういう意味で「生きる力」につながる学習ができたのではないかと考えている。

できれば、もう一歩進んで、自分たちで課題を考え、それらについて進めていければと思うのだが、そのためには準備を含めてさらに多大なリソース(人的、時間的、予算的な側面での資源という意味)が必要である。

### 3 . 平成 15 年度の取り組み

中学校にきて、1 年の最初の理科の授業で、「3 年間で 4 冊の教科書を学習します。これらを見ると、中学校で学習する理科の内容は 19 世紀までの人類の英知を学習するにすぎない。今は 21 世紀。...ということはまるまる 20 世紀の 100 年間分の最新の人類の英知は学習しないままである。このままでは 21 世紀で科学技術の最先端にはたどり着けない。しかし、それらの基本であることには間違いないので、しっかりと学習してほしい。」と話をしている。理科の必修授業では、最先端の科学技術とギャップがありすぎる...、と日々感じている。

過去の知識を無視して一気に 21 世紀の科学が理解できるわけではない。しかし、今の科学との関連や学習している科学の発展している先について、チラリと見せながらのほうが、子どもたちの興味も増すのではないかと考えている。理科ではそのために「昭和科学通信」を月 2 回程度発行し、中学の理科と現在の科学の橋渡しを試みている。しかし、所詮紙の媒体に過ぎない。実際にやってみて、肌で感じることであればこの合科授業で実践している。

一方、技術科では、機器のしくみやはたらきを学習する時に、その機器のあつかい方に重点を置き、科学的な原理を深く学習することがない。生徒は使うことはできるが、なぜそうなるかは理解できていないでいる。たのため、その時の機器のあつかいはできても、場面や状況が変わったら使うことが難しくなる。この両教科の弱点を相補うために、合科授業を試みた次第である。

昨年度の実績をふまえ、さらに踏み込んだものができないかと考え、モーターから取り組むことにした。出発点は昨年と同じである。モーターと発電機の仕組みは同じであるということ学習した上でエネルギーについて考えさせた。それでは、発電機を作ってみようということになった。ただ、機械的な部分が多くなるのでその工作ができるかどうか不安であった。生徒の意気込みとの関係でどこまで可能かも気になるところである。また、後期に取り組んだ「コンピュータのしくみを知る」についても一段階引き上げて、パーツから組み上げることを目論んでいる。

ここまで考えて、理科で言う第 2 分野的な内容が無いので、その辺りについても何かできることはないかと考えたところ、「ミニトマトの栽培」はどうかと技術科教諭からの提案があり、作業的にも負担が大きくないので、他の計画と平行して行うことができるという結論に達し、取り組んだ。



以下本年度前半の授業の流れと子どもたちの様子をまとめてみる。

## 1 技術科の教師が主で、理科の教師が従の授業

### ① パワーポイントの基礎

はじめに技術科教諭から、この講座の通年の取り組み予定についてお話をしてもらう。

続いて、今回の目的であるパワーポイントの基礎について進める。

プレゼンテーションについての簡単な話をして、今後のさまざまな取り組みについて、デジタルカメラで記録するので、それを使って、それらの取り組みのレポートを毎回パワーポイントあるいはhtml(技術の授業で書き方を学習する)で作ることになることを説明する。

メンバーとしては、昨年より技倆や取り組み姿勢に若干劣るように思えるが、進めるしかない。ただ、説明をきちんと聞いて、その通りにできない生徒がそれなりにいるのが不安である。パソコン教室ではさほどの問題ではないが、理科室や技術室での作業では危険性が伴うので要注意である。と同時に、昨年のように高度な技量、知識を持っているものもいないので、相互の教え合いについてはどれだけ期待できるのかも不明である。

パワーポイントの説明に入るが、説明と同じペースで一步一步進められないものが何人かいる。余裕があって、隣のマシンに干渉するものがあったり、ついて来れずに授業に集中し切れていないものもいて、なかなか進まない。技術科教諭のサポートで何とか進められているものもいた。

パワーポイントで作った説明を使いながら、「昭和中学校の紹介」を順に組み立てていった。この中にはアニメーションを使ったシーンもあるが、今回はこれについては言及していない。

はじめの時間で一応の説明が終わり、休憩の後、次の時間には各自でもう一度新しく「昭和中の紹介」を完成させることを課題とした。その中で、メニューを探りながらアニメーション効果を入れる方法を見つけたものもいて、頼もしく感じた。新しく見つけた方法、メニューなどについて相互

に教えあう姿勢もあり、それはそれで評価できた。

内容についてもそれなりにユーモアのあるものなど工夫が見られた。



## ② ミニトマト栽培計画、パワーポイント講座

ミニトマトの栽培計画をはじめめる。

技術室でミニトマト栽培計画のあらましを伝え、実際に栽培用地（ロックウール）を各自に 2 ブロックずつ配布した。そこに種を植え、ペットボトルを切ったものに名前を書いて刺した。それらをバットに並べて水をやり、最初の記録写真を撮影した。

書けばすぐなのだが、実際には配ったブロックをほぐしてぼろぼろにしてしまう者、指示を聞いていない者のために再度説明など結局 1 時間かかってしまった。

少し時間があつたので、去年製作したモーターを実際に回転させて見せ、同じようなものを作るのだと説明した。

2 時間目はパソコン教室に移動し、前回の続きとしてのパワーポイントの実習を行った。各自のファイルをあけたところ、いたずらされていて、一部が書き換えられていた。



この件については重々指導したが、誰がやったのかを特定できず（おそらく複数で、互いに書き換え合いをしたと思われる）他人のファイルへの干渉をしてはいけないという点についてどこまで徹底できたか自信がない。

スライド上にあるテキストや絵、写真などをすべてオブジェクトといい、オブジェクトにはアニメーション設定ができること、動作の時に効果音をつけられることを説明した。前回、制作した「昭和中の紹介」をさらに魅力あるものに仕上げるよう指示した。

特にサウンド機能が気に入ったようで、あちこちでエンジン音がうなっていた。そちらの方にばかり気が行ってしまって、昭和中の紹介としての機能をほとんどなしていないものも多くあったようだ。

今後のさまざまな実習において、記録したデジタル写真を使って、各自のまとめとしてのレポートを PP で作らせようと考えている。

## ③ ミニトマトの発芽観察

前回植えたミニトマトの発芽状況を観察する。植えた種子の袋には「発芽率 85%」と書いてあった。各自 2 粒ずつ植えたので、少なくとも 1 つは芽が出ているはずなのだが...

3 ~ 4 名の分については両方とも発芽していない状況であった。他は少なくとも一つは出ている。

植えてからしばらくは低温状態が続いたので、発芽の条件としては厳しいものがあったのかもしれない。もうしばらく様子を見れば、発芽する可能性もあるのではないかな。

一人ひとりの分をバットから取り出し、デジカメで写真撮影をした。

続いて、クリップモーターの製作に入る。

はじめに2年で学習した右ネジの法則やフレミングの左手の法則を復習した。そもそも左手の形ができないものが2～3名いた。加えて、どの指が何を意味するのかもほとんど頭に残っていない状況だった。(不安がよぎる)

#### トマトの植え替え & 得意の機械の分解

修学旅行関係で2回ほど抜けたので、トマトは本葉も出てきて、根もかなり伸びてきて、植え替えの必要が出てきた。発芽率は種子の入っていた袋になるように確かに85%以上あった。(90%以上であった)

まずは各自のミニトマトを確認させ、現状を撮影した。その後、植木鉢を配布し、ハイドロカルチャー(ハイドロボール、コーンなど)を入れ、そこにミニトマトを植えさせた。水のやり方を説明し、技術室の南側の日当たりの良いところに配置させた。

どこがより日が当たるのかに悩んでいる者や何度も水をやっている者(そんなに何度も水をやらなくても良いと言ってもつつい水をかけてやっていた)など、結構自分の育てているトマトに情が移っているようだ。



トマトの作業が終わると、使えなくなったLL教室のモニタ6台とワープロ、ワープロ専用レーザープリンタを二人で一つ、分解し、リサイクルできるように部品を外そうという計画を進めた。ドライバ1本でみんな嬉々として取り組んでいた。

レーザープリンタではトナーが出てきて真っ黒になりながら、ブラウン管周りのコイルを一生懸命はずしている姿など、

普段の授業で見る様子とは違って生き生きとしていた。

#### ⑤ モニタの原理学習

陰極線の学習が終わって、技術室に移り、はじめに、トマトの様子を観察し、続いて、モニタの分解の続きに入る。

中でも今回のお楽しみはブラウン管の破壊。中が真空なので、かなり大きな音がする。また、危険が伴うので、厚手のビニル袋を用意し、ハンマーを持って破壊する担当の物に

は理科室で使っているゴーグルを着用させた。

「ボン」というそれほど大きくない音で次々壊した。ついでに、内側に塗布されている蛍光塗料やシャドーマスクなどを説明する。

小さな破片がかなり広範囲に飛び散っているので、分担して、きれいに掃除する一方で、まだまだ分解しきれないレーザープリンタには4人がかりでドライバ片手に分解が続いた。最終的にはバラバラにすることができたが、非常にたくさんの部品からできていることがわかり、これを組み立てた者、これを考え出した者はすごいなぁと感心しきりであった。

小型のモーターやステッピングモーター、ファン、各種センサなどおもしろい部品を取り出すことができた。今後の学習にも使えそうな物は残して、あとはスクラップにした。

## 2 理科の教師が主で、技術の教師が従の授業

### ① クリップモーター製作

アラゴーの回転板について簡単に説明し、誘導モーター、AC、DC モーター、リニアモーターなどについて話をしたが、あまり落ち着いて話を聞けない状況であった。座学よりは、実際に手を動かす方が楽しいようだ。

いよいよクリップモーターの製作に入る。準備する物品についてそれぞれ簡単に説明する。小さくても強力なネオジム磁石にはなみなみならない興味を持ったようだ。ミスターマリックのハンドパワーの秘密を説明するとみんな興奮していた。

さて、実際に電線を巻かせてみると、(一部の生徒は2年の理科の選択でやったことがあるのだが...) それなりにうまく巻いたが、雑な作業をするものは、やはり回らない。

いよいよクリップで作った整流子に乗せて、回そうかと思ったとき、量販店で買ってきた電線がなぜか磁石にひっつくのに気づいた。ラベルをよくみると(銅)とはかいてあるのだが、材料には鉄と書いてある。なんと、銅の色の被服の鉄線なのだ。どうりで2年の選択理科で使ったものより太くて長いのに安いわけだ。ネオジム磁石が強力すぎて、回転子を引っ付けてしまって、回転しない。急遽、前の残りの銅線を引っ張り出し、大急ぎで30~40cmに切って全員に渡した。

慣れもあって、すぐに回転子を完成させた。

早い者はすぐに回し始めた。成功だ。続いて、回る者が出てきたが、いっこうに回る気配のない者もいた。順に回って調整すると見事に回る。結局は被服を完全にきれいにはがすことと回転子の回転軸を調整する(まっすぐにする)だけでうまくいく。(この辺りのノウハウは昨年度と同じ)



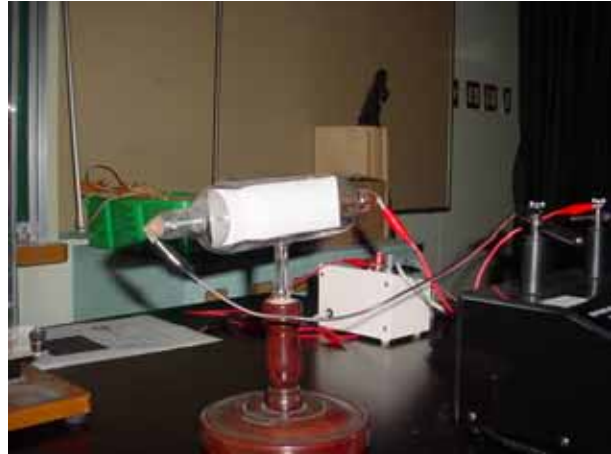


デジカメで回転している様子を納めようとする、間が悪く、止まったり回転が落ちたりする。しかし、昨年度よりはよく回る者が多かったように思われる。これはネオジム磁石のおかげかもしれない。(昨年度は別のパーツから外してきた磁石を利用)

電池はアルカリの単一を使ったが、先に計測したところでは 1.2V に落ちている少しくたびれたものであったが、まあ、うまくいった方だろう。

## ② 陰極線の学習

モニタの分解に関連して、今回は陰極線についての学習から入った。理科室で、誘導コイルにガイスラー管などを接続して、陰極線とはどういう物か、陰極線の性質について(陰極から出る。直進する。磁石で曲がる。電界で曲がる。質量がある。ガラスに当たると蛍光を発する。蛍光塗料に当たると発光する)を確認し、テレビのブラウン管の説明(内側に RGB の蛍光塗料が塗ってあり、これを順次発光させて、1 秒間に 60 回描き直して、目の残像効果もあって、なめらかに動いて見える)した。



## ③ リサイクル

理科室に集合し、前回までに分解したモニタやプリンタの基盤からパーツを外す作業を行った。

パーツのリサイクルと、昨今のパソコン等の不法投棄ができなくなっている様子などを説明し、安全に十分に配慮して、ガスバーナーで基盤を加熱し、パーツを順次外した。

加熱しすぎて、基盤から煙がもうもうと上がり、換気扇を最大限動作させ、窓を開けたものの、校舎全体に悪臭が拡散し、迷惑をかけてしまった。

安全のため、はじめに、安全についての話をし、ゴーグルをし、水槽に水を張り、ぬれ雑巾を準備しておいた。

全員一生懸命作業をしていた。

だいたい外せた段階で技術科教諭から電解コンデンサについての説明があり、取り出したパーツをトレイに入れて技術室に移動する。

育てているトマトに栄養剤をやり、写真撮影した。

④ モーターの製作に入る

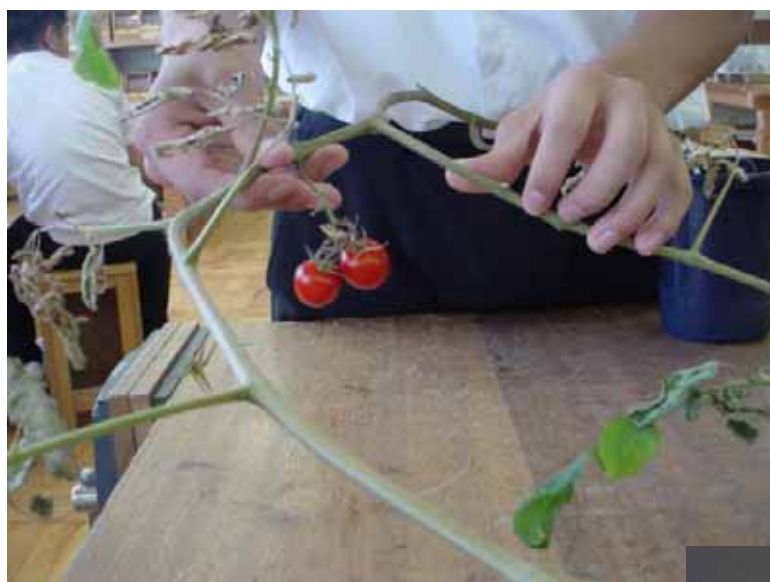
技術室に集合し、はじめにトマトの出来具合を観察し、水をやり、それぞれ記念撮影する。

つづいて、いよいよモーターの製作に入る。今回は基本の骨組みになる鉄板の切出しと工作を行う。

指示された大きさに、鉄板を切り（カナノコあるいは切断機）ヤスリがけをし、計測して、センタポンチを打って、ボール盤でネジ止め並びに軸受け部分の穴を開ける。ボール盤が2台しかないの、作業が思ったように進まない。一人6カ所ずつなのだが、要領が悪い者は時間がかかる。（なれりと早いのだが...）

手の空いている者には土台となる木の切り出し作業を行わせる。

以上で1学期は終了した。



収穫したミニトマト

トマトの根



## 4．2年間の取り組みから見てきたこと

「生きる力」とは何かを突き詰めるのはそれだけで一つの大きな話になるのでそれは別に譲るとして、子どもたちが楽しく、それでいて真剣に取り組めることが選択教科では必要なことではないかと考えている。実際、座学的な内容と実験、実習、製作などの身体を動かす作業とでは、子どもたちの目の輝きは全く違っていた。簡単にできる物であっても、自分でつくった物に対しては愛着を抱いていたようで、それだけでも「物づくり」の原点を垣間見た気がした。

ハイテク化が進んでいる昨今の日本の生活で原理が丸見えになるのはある意味、子どもたちにとっては驚きであったようだ。

驚き、感動、疑問に思うことは次へのステップとして大切なことだし、これが自分で前に進んでいくための「生きる力」として必要な要素ではないだろうか。

それを考えると、日常生活がブラックボックス化している現状はあまり良くないのではないか。ブラックボックスを当たり前にはいけないと考える。

この2年間、合科授業やってきて、そのメリットやデメリットは何なのかについて、簡単にまとめると、これまで自分の教科の目でしか見てこなかった部分が、違う視点からの指摘で「ああそうなんだ」と思うことが多々あった。理科では「モーター」だが技術では「電動機」という言葉一つにおいても、その差は大きい。理科で「モーター」の原理を学習しても、技術で「電動機」が出てきたら同じものとは考えられない生徒も多いのではないだろうか。

古い教育課程では理科の力の釣り合いで平方根が出てきているのに、数学ではまだ学習していないなど教科間での整合性のある段階的な学習を昔の文部省は考えたこともなかったようで、数学科との連携も模索したこともあった。まだまだ研究の余地はあるのではないか。

デメリットというほどのものは感じなかったが、二人の打ち合わせの時間をどう確保するかが一番の難点だった。一人は進路指導主事で、一人は教務主任をやっているので、校内的にも何かと忙しく、打ち合わせをする時間の確保が難しい。自分の出せるものを出し合って、ではそれで行きましょうかという非常に簡単な打ち合わせで、あとはその場その場でお互いにフォローする体制でやってきた。

きちんとやろうとお考えの方からはいい加減だと言われるかもしれませんが。しかしながら、この1年半の実践の中で、担当の二人が結構楽しみながらやってきたのは事実で、我々が楽しんでいるからこそ、うまくいっているのではないかと考えてもいる。

3 年生徒選択 理科・技術

【添付資料】

# モーター製作プロジェクト

大阪市立昭和中学校



## 電動機 でんどうき electric motor

電力を受けて動力を発生する機械。モーターともいう。もっとも広く用いられているのは回転しながら動作するものであるが、直線運動をしながら動力を発生するリニアモーターもある。われわれは家庭から工場、鉱山に至るまであらゆる場所で多量の動力を利用しているが、自動車などの移動機械や特殊な場合を除くと、ほとんどすべての場合に動力を電動機から得ており、日本で発電している電気エネルギーのおよそ60%は電動機によって消費されている。実用されている電動機の大きさは、小型テープレコーダー用の入力0.1W程度のものから、製鉄所の高炉送風機駆動用の出力5万kW程度のものまでである。直流電源に接続して運転される電動機を直流電動機といい、交流電源に接続して運転される電動機を交流電動機という。交流電動機には誘導電動機、同期電動機、交流整流子電動機の3種類があり、それぞれ単相、多相(通常は三相)の別がある。直流直巻電動機は電車の牽引用電動機として広く用いられているが、直列抵抗を入れて始動する代りに、直流チョッパー(サイリスターなどを用いて定電圧の直流から可変電圧の直流を得る装置)によって始動および速度制御を行う例が増えている。電動発電機を電源として他励直流電動機を運転する方式をワード=レオナード方式といい、1900年の発表以来、広い速度範囲にわたって精密な速度制御を必要とする用途に広く用いられてきたが、現在はその電動発電機を整流器で置き換えた静止レオナード方式が用いられている。誘導電動機はもっとも数多く使用されている電動機であり、同期電動機もしばしば用いられるが、いずれも速度制御特性は直流電動機より劣る。交流整流子電動機は整流子が機械の弱点であって、現在では三相機はほとんど製作されず、出力数百W以下の単相直巻電動機が家電器具などに多数用いられている。

70年ころからサイリスター、またはトランジスターを用いた可変周波数電源によって、誘導電動

機、または同期電動機を運転する方式がしばしば採用されるようになった。これは直流電動機の整流子およびブラシに保守上の欠点があるので、整流子のない電動機を用いて直流電動機と同様な優れた速度制御特性を得たいという要求から発展した技術である。可変周波数電源としてはインバーター(直流を交流に変換する装置)とサイクロコンバーター(交流を別の周波数の交流に変換する装置)とがあり、インバーターによる場合はその前段に交流電源の電力を直流に変換する整流器が接続される。回転子位置検出器と同期電動機とサイリスター電力変換装置を組み合わせたものをサイリスターモーターまたは無整流子電動機という。

### 【歴史】

1821年に M. ファラデーが原理的な電動機を製作し、36年にアメリカのダベンポート

T. Davenport (1802 - 51) が直流電動機を作って電池の電力で旋盤を回したが、直流電動機が広く実用されるようになったのは、67年に E. W. von シーメンスが、電池の助けをかりずに発電する自励式直流発電機を考案してからである。82年には N. テスラが二相誘導電動機を考案し、85年には G. フェラリスが分相形単相誘導電動機を考案し、M. ドリボ・ドブロヴォルスキーは91年に三相誘導電動機を、93年に二重かご形誘導電動機を考案した。この間、交流電源としての同期発電機も単相、二相、三相の順に実用化された。交流整流子電動機では、1886年に C. P. スタインメッツらによって単相直巻形のものがつくられて以来、単相および三相の種々の形式のものが相次いで考案された。このようにして、今日の各種電動機の基本的な構造が完成し、理論も1915年ころまでに高度の発達を遂げた。その後は磁性材料、絶縁材料、設計製造技術の進歩による改良が行われたが、70年ころから電源装置および制御装置にサイリスター、トランジスター、IC などを用いて電動機を運転、制御する方式の採用が増えた。

日本における電動機の利用は、1890年東京浅草

の凌雲閣(りよううんかく)のエレベーター運転および同年上野公園で開催された第3回内国博覧会の電車運転が初めてである。国産の最初の発電機は1885年につくられた1.5kW直流発電機であるが、電動機の最初のものは95年につくられた25馬力二相誘導電動機であり、99年ころから三相誘導電動機がつくられた。

### 【エネルギー変換】

回転形の電動機は回転運動の形で動力を発生する。この動力はトルク(物体を回転させようとする作用)と回転速度によって定まる。図1の a のように、回転軸の中心から  $r(\text{m})$  の距離の点に  $r$  と直角の方向に力  $f(\text{N})$  が働くとき、 $T = fr(\text{N} \cdot \text{m})$  をトルクという。回転速度は、角速度  $(\text{rad})$ 、または毎分回転数  $N(\text{rpm})$  で表される。電動機をエネルギー変換装置として見ると、図の b のように、電圧  $V(\text{V})$ 、電流  $I(\text{A})$  の形で電気エネルギーを供給し、トルク  $T(\text{N} \cdot \text{m})$ 、角速度  $(\text{rad/s})$  の形で機械エネルギーを取り出す装置である。電動機内部で消費されるエネルギーがないとすれば、入力  $PE = VI(\text{W})$  と出力  $P = T \cdot \omega(\text{W})$  とは等しいが、実際の電動機では必ず内部で電力および動力の損失があって、 $PM$  は  $PE$  よりも多少小さくなる。 $\eta = (PM/PE) \times 100(\%)$  を電動機の効率といい、機種および設計によって多少異なるが、例えば35W(出力)機で50%、0.75kW機で70%、37kW機で88%である。実務面では、回転速度を毎分回転数  $N$  で、トルクを重量キログラムメートル(単位記号  $\text{kgf} \cdot \text{m}$ 、略して  $\text{kgm}$ )で表すことが多い。1 $\text{kgf} \cdot \text{m}$  は9.80665 $\text{N} \cdot \text{m}$ であり、 $(\text{kgm})$ のトルクを発生して  $N(\text{rpm})$ の速度で回転しているときの動力は、 $PM = 1.027N \cdot \omega(\text{W})$  で計算される。

### 【構造と種類】

電機子表面の磁束密度を大きくするため、電動機の静止部分(固定子という)と回転部分(回転子という)にそれぞれ鉄心を用いて磁束が通りやすいようにし、両者を狭い空隙(くうげき)(ギャップという)を隔てて配置する。ギャップを狭くするた

めと電機子の導体を機械的に保護するために、鉄心表面に軸と平行に設けた溝(スロットという)の中に導体を納める。スロットは円周方向に等間隔に多数設け、それぞれに導体を納めて鉄心表面を有効に利用し、同時に回転中のトルクの脈動を小さくする。スロット内の電機子導体は単一の導体の場合もあるが、多くの場合は絶縁銅線をほぼ六角形に何回か巻いたもの(コイルという)の二つの辺を互いに離れた位置にある二つのスロットに入れる。多数のコイルが接続されたものを巻線といい、その両端を端子という。界磁の場合は、界磁鉄心に巻きつけられた銅線の全体を界磁コイルといい、二つ以上の界磁コイルを接続したものを界磁巻線という。回転子の巻線を外部回路に接続する必要がある電動機では、整流子、またはスリップリングを回転子に設け、その表面にブラシを押しつけてすり接触をさせる。整流子は電機子コイルの末端が二つずつ接続された多数の硬銅片を互いに絶縁して円筒状に組み立てたものであり、スリップリングは軸に電気絶縁を介して取り付けられた黄銅製の環である。ブラシは電機用ブラシと呼ばれるもので、黒鉛質、または金属粉を混入して焼成した金属黒鉛質のものがふつうである。

【直流電動機】 図2は他励直流電動機の略図である。は導体中の電流が紙面の裏から表の方向に流れていることを示し、 $\times$ はその逆向きの電流を示す。図では整流子を省略し、ブラシが電機子導体に直接にすり接触する形にしてあるが、原理的には同じことである。多数の電機子導体の相互接続は、電機子巻線法と呼ばれる、やや複雑な規則に従って行われる。ブラシを通して電機子電流  $I_a(\text{A})$  を流すと、電機子導体の電流の分布は  $N$  極の下ではすべて同方向、 $S$  極の下ではすべてその逆方向となり、その結果、すべての導体電流は同一方向のトルク発生に寄与する。界磁の1極当りの磁束を  $\Phi(\text{Wb})$  とすると、電動機の発生トルクは  $T = K \Phi I_a(\text{N} \cdot \text{m})$  で与えられる。 $K$  は定数である。このトルクによって電機子が角速度  $(\text{rad/s})$  で回

転すると、ブラシ間には  $I_a$  に逆らう向きの誘導起電力  $E = K\omega$  (V)が発生する。これを電機子回路の電圧方程式  $V = E + R_a I_a$  に代入して について解くと、 $\omega = (V - R_a I_a) / (K\Phi)$  (rad/s)となる。これが他励電動機の回転速度を与える式で、毎分回転数は  $N = 60(\omega / 2\pi)$  によって求められる。上式から、回転速度を変えるには、電源電圧  $V$  を増やすこと、電機子回路の抵抗  $R_a$  を減らすこと、および界磁の磁束  $\Phi$  を減らすこと(これらの場合は速度が上昇)の3通りの方法があることがわかる。図3は励磁方式(磁束を発生させる方式)による直流電動機の種類を示し、図4は各種電動機の特性を示す。

【誘導電動機】 誘導電動機は固定子巻線(一次巻線という)を交流電源に接続し、回転子巻線(二次巻線という)には固定子側からの電磁誘導によって電流が流れてトルクを発生する電動機である。構造上、かご形と巻線形に大別されるが、一般的に数多く使われているのはかご形誘導電動機である。かご形電動機の回転子巻線は図5のように円筒かご状の導体からなり、それ自体で閉じた短絡回路になっていて、外部回路には接続されない。図6-a は二相誘導電動機の原理的な構造を示すもので、固定子には二相電流  $i_a$ 、 $i_b$  の流れる二つの巻線がある。各電流はアンペアの右ねじの法則に従ってギャップに磁界をつくる。図6-bのように各時刻の磁界を調べてみると、起磁力  $F$  は大きさが一定で、交流の1サイクルの間に1回転することがわかる。このような磁界を回転磁界という。広く実用されている三相誘導電動機の場合は、図7の a のように3個の固定子巻線が空間的に120度ずつずらして設けられており、これに三相交流電流を流すと二相機の場合と同様に回転磁界が発生する(一相の巻数と電流最大値を同じとすれば、三相の場合の磁界の強さは二相の場合の3/2倍になる)。次に、図の a の三相巻線の各巻線の両辺の間隔を90度に縮め、巻線相互の間隔も半分にして、円周上の約180度の範囲に納め、残りの空所にもう1組の三相巻線を設けると図の b の四極機が得ら

れる。四極機の回転磁界について調べると、交流の1サイクルの間に180度(1/2回転)しか回転しないことがわかる。一般に極数  $2p$  の誘導電動機に周波数  $f$  (Hz)の交流電流を流したときの回転磁界の回転速度は、 $N_s = 60f/p$  (rpm)で与えられ、この  $N_s$  を同期速度という。四極、50Hzの場合は  $N_s = 1500$  rpmである。かご形回転子の導体は回転磁界の磁束によって切られ、電磁誘導による起電力が発生して導体中に電流が流れる。この電流と回転磁界の磁束との間に電磁力が発生して、回転子は回転磁界と同方向に回転する。回転子の回転速度  $N$  を、 $N = (1 - s)N_s$  で表したときの  $s$  を滑りという。 $s$  の値は無負荷時にはほとんど0であり、全負荷時には小型機で0.05、大型機で0.01の程度である。したがって、誘導電動機は同期速度よりわずかに低い、ほぼ一定の速度で回転する電動機である。かご形電動機の速度に対する一次電流とトルクの変化は図8のようになる。安定運転の範囲は停動トルク  $T_m$  の点よりも右側である。始動の際は速度0から停動トルクを発生する速度付近までの間かなり大きい一次電流が流れ続ける。このため、小型機以外は始動装置を用いて始動電流を制限する場合が多い。巻線形誘導電動機は回転子巻線を三相巻線とし、スリップリングとブラシを介してその端子を静止部分に引き出したもので、その端子に三相の可変抵抗器を接続して、始動または速度制御を行う。始動電流をとくに制限したい場合、大きい始動トルクが必要な場合、または速度制御が必要な場合に採用される。上記の可変抵抗器の代りに整流器とインバーターをつないで、二次電力を交流電源に返還するようにした速度制御方式を静止セルビウス方式という。

単相誘導電動機は三相電源が利用できない場合に使用されるもので、出力数Wないし0.75kWのものが家電用および軽作業用にきわめて数多く使用されている。分相始動誘導電動機は図6-aの二相電動機の固定子巻線の一方を高抵抗の巻線として、両巻線を並列にして単相電源に接続して始動するも

のである。二つの固定子巻線に流れる電流の位相が異なるので、不完全ながら回転磁界が生じて始動トルクが発生する。高抵抗の巻線は始動後自動的に切り離される。コンデンサー始動誘導電動機(図9)は二相固定子巻線の方に大容量の交流用電解コンデンサーを直列に入れ、他方の巻線と並列にして単相電源に接続して始動するものである。コンデンサーと直列にした巻線は始動後自動的に切り離される。コンデンサー誘導電動機はコンデンサー始動形におけるコンデンサーを中容量の連続使用できるコンデンサーとし、始動後もその巻線を切り離さないものである。図10はくま取りコイル形单相誘導電動機で、磁極面の一部に銅の短絡環をはめてあり、その作用によって磁束墮Aの時間的位相が墮Mよりも遅れるので不完全ながら回転磁界が生じて始動する。

【同期電動機】 三相同期電動機は図11に示すように、三相誘導電動機と同様な固定子と、直流で励磁される界磁をもった回転子からなっている。固定子巻線(電機子巻線)に三相交流電流を流すと、誘導電動機の場合と同じように回転磁界ができる。回転磁界の磁極  $S_a, N_a$  が界磁の磁極  $N_f, S_f$  を吸引するので、界磁は回転磁界と同じ速度、すなわち同期速度で回転する。同期電動機としてのトルクは、回転子が同期速度で回転しているときにしか発生しないので、始動の際は界磁の磁極頭部に設けた制動巻線(かご形巻線の不完全なもの)を利用し、誘導電動機の原理による始動トルクを利用する。そして同期速度に近い速度に達してから界磁巻線に直流電流を与えて同期速度に引き込む。誘導同期電動機は巻線形誘導電動機と同様な構造で、巻線形誘導電動機として始動し、その後回転子巻線に直流電流を流して同期化するもので、界磁は円筒形である。図11のような突極形界磁の電動機は界磁巻線に直流電流を流さなくても同期電動機として動作する。これを反作用電動機、またはリラクタンスモーターという。

【単相直巻整流子電動機】 直流直巻電動機と

同様な構造の電動機であるが、設計上交流で使用できるように配慮してつくられる。この電動機は直流および交流の両方で使用できるので、交直両用電動機、またはユニバーサルモーターとも呼ばれる。直流直巻電動機と同様に、負荷電流によって速度が大幅に変わる。

【その他の電動機】 電動機の基本的な種類は以上のとおりであるが、その変形ないし他の装置との組合せは非常に多い。極数切換誘導電動機は速度を2段階以上に切り換えることのできる電動機であり、ギヤードモーター、ブレーキモーター、クラッチモーターはそれぞれ減速歯車、ブレーキまたはクラッチと電動機を一体に組み立てたものである。電気冷蔵庫のコンプレッサーのように、作業機械と一体にしてつくられた電動機をつくりつけ電動機という。サーボ機構において、機械的な位置や角度などを制御するための操作用電動機をサーボモーターといい、電気式のサーボモーターとしては、直流電動機、ブラシレス直流電動機(同期電動機の多相固定子巻線に直流電源から供給される電流をトランジスタによって順次切り換えるもの)、二相誘導電動機などが使われる。サーボモーターは応答を速くするために慣性モーメントを小さく設計する必要があり、電機子を細長くしたものや電機子鉄心を使用しないもの(プリントモーター、コアレスモーター)がある。ステップモーターは固定子の多相巻線に順次パルスを加え、その1パルスごとに回転子が一定角度だけ回転する電動機で、パルスモーターとも呼ばれる。用途はプリンター、コンピューターのフロッピーディスク装置、ロボット、数値制御工作機械などであるが、サーボモーターもこれらの用途に使われている。入力3W以下、最大寸法5cm以下の程度の超小型電動機をマイクロモーター、またはミニチュアモーターといい、携帯用カセットレコーダーや小型の計測・制御機器に組み込んで使用されている。強力な永久磁石を用いた直流電動機とブラシレス直流電動機が多い。 猪狩 武尚

(C) 1998-2000 Hitachi Systems & Services, Ltd. All rights reserved.

モーターは大きく分けると AC モーター、DC モーター、その他のモーターがあります。

#### AC (交流) モーター

交流は時間とともに、電圧が交互にプラスとマイナスと入れ替わる性質をそなえた電気です。この電気を利用し円盤が回転する原理を見つけたのがフランスの物理学者アラゴーです(1824年に発見)。この回転板はコイルなど設けていませんが、それでも磁界を与えると回転しだし、これが誘導という現象で起きていることが確かめられました。

#### アラゴーの回転板

銅板またはアルミ板でできた薄い板の上に、磁石を近づけ回すと、しだいに銅板も回り出す。

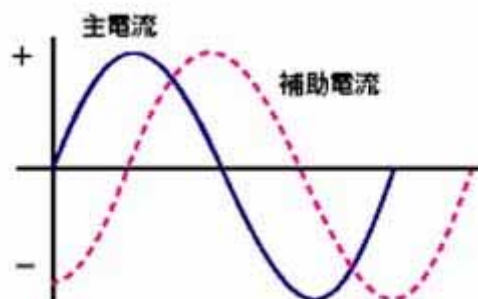
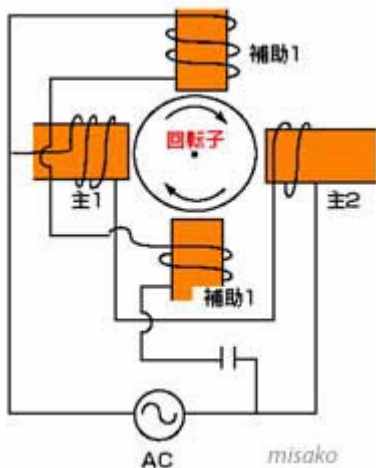
これが誘導の力で生じた回転で、モーターのもととなります。



#### ・インダクションモーター (誘導モーター)

この誘導の原理を応用したモーターがインダクション (誘導) モーターというものです。電気の AC 電圧が交互に入れ替わる性質を利用し、補助コイル、主コイルと上手にコイルを組合せることでスムーズな回転力を得るように工夫したものです。

主電流と補助電流は波の位相がずれているので回転子が回る



### インダクションモーターの仕組み

家庭で使われている扇風機や洗濯機、冷蔵庫などのモーター、この大部分がこのインダクションモーターです。モーターの回転力は磁極に流す電流の強さで加減します。

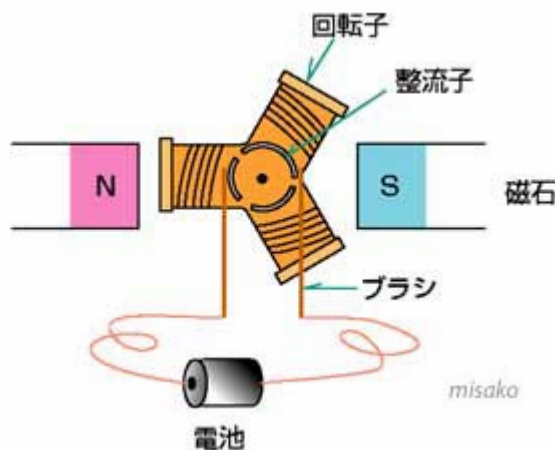
瞬発力はないのですが、構造が簡単、長持ちするなどの特徴があるため重宝されています。なお滑らかな回転を得るために、3 極を基礎にして、極数を多くしたモーターが作られています。

### DC（直流）モーター

DC（直流）は AC（交流）のように、電圧が交互に変わる性質を備えていません。したがって、DC をモーターに利用するためには電圧を交互に作り出す仕掛けが必要になります。この役割を行っているのがブラシ（整流子ともいう）というものです。ブラシによって回転力を起こすために必要な磁極が作られます。そして、この磁極の数により、2 極、3 極モーターといった呼び方もされます。

普通、2 極モーターは 180 度の位置に磁極が来てしまうことになり、お互い反発しあってしまいスムーズな回転力が得にくいものです。これを避けるには 3 極化とし、磁極を 120 度に配置すれば良いことが分かります。したがって、一般に DC モーターといえば 3 極モーターを代表としています。

回転子が回ると整流子も回り、磁力が切りかえられる



### 3 極モーターの模式図

もちろん AC モーターと同じように、この磁極数を増やせば、スムーズな回転力が得られるようになります。ただし、複雑化するためコストアップが避けられません。

科学の実験や、模型などで使っている小型モーターはこの DC モーターです。交通機関の電車などに使っているモーターも DC モーターです。DC モーターの良さは小型な力持ちのモーターが作れること、瞬発力も備えていること、などです。

余談ですが、新幹線のモーターも DC モーターですが、架線の電気は AC が使われています。実際はこの AC を電車の中で DC に変える部分があるため DC モーターで良いのです。ではなぜ AC で電気を供給するのでしょうか？ それは電気を効率良く電車に送るためなのです。

その他のモーター

- ・ステップモーター

小型化されて時計用などに利用されています。ステップを刻むように間欠的に動くことが特徴です。時計では秒針を動かすモーターとして使われています。人数をカウントするようなカウンター用モーターなどにも使われます。

- ・超音波モーター

誘導モーターと同じような理屈で磁気の代わりに超音波振動を駆動のもとにしたモーターです。滑らかで静かなモーターという特徴があります。精密機器のモーターとして利用されています。

- ・リニアモーター

磁極コイルと回転子が丸く囲まれるのが一般のモーターの構造ですが、それを平面に展開させたモーターです。物を移動させたいときに利用することの多いモーターです。産業用としては次世代の電車として開発中のリニアモーターカーが有名です。小型なモーターではカメラ、オーディオ機器などに利用されています。

## 第1回目の作業はとても簡単な基本的なモーターを作ります。

### 宣言【30秒間回り続ければ『回った』と認める】

必要なもの（一人分）

- ・エナメル線（ひとり30～40cm）
- ・フェライト磁石 1個（径2cm程度のもの）
- ・単一乾電池 1個
- ・クリップ 2個
- ・カッターナイフまたは紙やすり
- ・ガムテープ（布製ものがよりよい）

実験の方法とコツ

- 1．エナメル線を何回か巻き、両端を束ねるように2回ほど巻いてとめる。ちょうど真ん中でとめるのがコツ。丸い回転子をつくるのであれば、試験管などに巻き付けるとうまくいく。
- 2．両端のエナメル線（耳の部分）、一方はエナメル線を全部はぎとり、もう一方は半分だけエナメルをカッターナイフまたはサンドペーパーではぎとる。
- 3．クリップをのばし足にして、電池の両端にガムテープでとめる。
- 4．回転子をクリップにセットし、少しはずみをつけてやると、後は勢いよく回る。

回転が悪いのは、エナメルのはがしがまずい（不完全な）場合がほとんどである。エナメルのはがれたかどうか見にくい場合には、油性マジックペンで印をつけておくのも方法である。

発展

回るようになった生徒は「今度はオリジナルなものを工夫してみよう」

また、回転子に紙をはさみこみ、一方の面にゴリラ、もう一方の面に縦線を・・・、回転して「ゴリラは檻のなか」と言うものなど工夫してみてください。

レポート作成

本日の作業についてまとめておく。





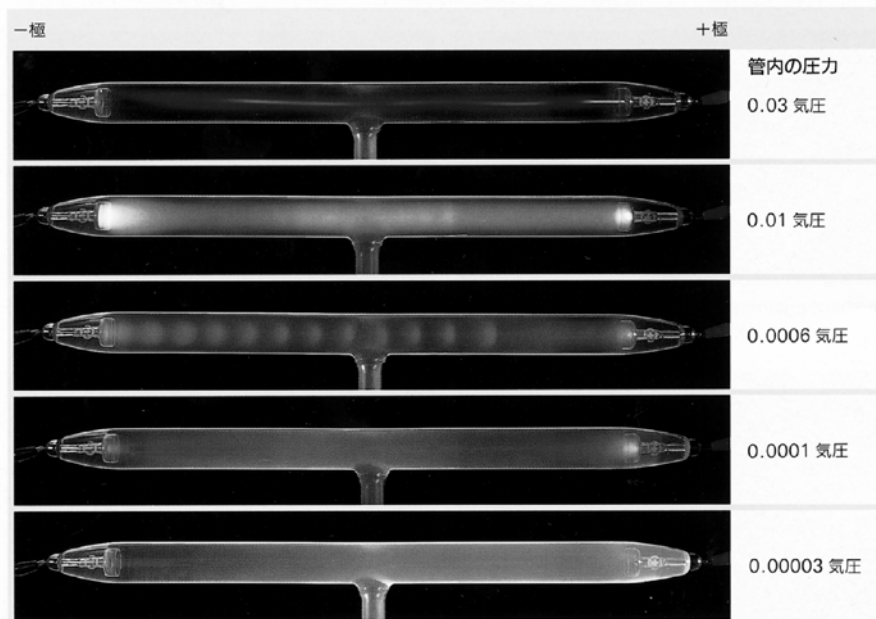
31

【添付資料】陰極線についての説明プリント

## 陰極線について

空気などの気体はふつう電流を流さないが、電圧を非常に大きくしたり、電極間の距離を短くしたりすると、電流が流れるようになる。

気体の中を電流が流れる現象を気体放電という。また、気圧を低くした管内で起こる気体放電を真空放電という。

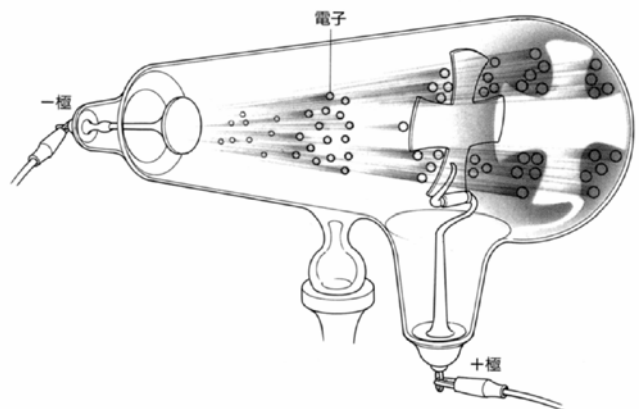


蛍光板を入れた真空放電管（これをクルックス管という）を使うと、電流の道筋に沿って蛍光板が光るので、流れる電流の様子を観察することができる。

この時蛍光板を光らせるものを陰極線という。

- ① 陰極線は直進する。
- ② 陰極線は電圧を加えた電極板の間を通ると、+ 極の方に曲がる。
- ③ 陰極線は磁石を近づけると、曲がる。

右の図のように、十字型の電極を使うと影ができる。これは、十字型の部分は - 極から出てきた電子が十字型の + 極に入っていくが、それ以外の部分は直進し、ガラスに当たって、発光するからである。



以上のような陰極線の性質を用いて、絵を表示するようにしたものが CRT( カソード・レイ・チューブの略 ) であり、テレビのブラウン管である。