

ものづくりと技術教育

—製作教材から見た基礎科目の関連性—

原田 一孝*・山本 芳一**

Educational Manufacturing and Technical Education

— Basic consideration of the relationship of earlier learning subjects —

Ikko HARADA and Yoshiichi YAMAMOTO

Abstract

Manufacturing experiences in education cheer up to learn following technical knowledge and manufacturing educational objects. This importance has been interrupted by the cramming education of knowledge for entrance examinations and the shortage of children's daily experiences. Based on this situation, some improvements in elementary and junior high educations are come to the front.

In this paper, manufacturing subjects in earlier education that relate and contribute the design and assemble of power supply circuits studied in technical college, are focused. By adding further consideration of student and teacher opinions, some improvements in manufacturing education are suggested and discussed.

はじめに

理科・科学離れが叫ばれて久しく、政府も技術立国の再興をめざした施策を展開している。これに呼応し、教育の現場においても、その方向に種々の努力が払われきつつある。ここ数年の工業高等専門学校（以下高専と略す）入学生の技術面における知識・経験の不足は顕著になってきたように思われる。

このような状況の中で、高度の技術者養成を行うには入学早々から、ものづくりに関するシステムチックなカリキュラムの開発が望まれる。ものづくりは知識と種々の経験の統合によって成り立つと考えられ、入学生の小中学校時代の学習内容や経験との繋がりが深い。

本報告では、そのような観点から、電気分野の技術知識・経験に限って、小中学校との教科内容を探った。その結果、いくつかの教育上の改善点などが浮かび上がってきたので、報告する。

ものづくりを取り巻く環境

IEA（国際教育到達度評価学会）のTIMSS調査結果¹⁾から、国際平均（1999年度は未発表）と比較し

た日本の場合、「理科が生活の中で大切」や「科学を使う仕事がしたい」項目は半分以下という憂うべき点がある。

我々の専門分野から考えると、機器構成部品のブラックボックス化が進み、それが閉ざされており、自分自身の目で簡単に見ることもできず、また分解しても面白みがなく、科学的な興味を抱くことができなくなっている。群馬県総合教育センターが行った理科教育に関する実態調査²⁾によると物理分野が好きになった学年が小学3・4年生に多いことは最初から理科が嫌いなわけではない。この時期は電池と磁石を学ぶ学年であり我々はここに着目した。調査報告の一部を図1（中学生のみ抽出）に示す。

この図から模型製作や料理が好き・やってみたいというものづくりの分野は、動物の飼育や草花の栽培、自然に触れたいなどと並び希望・興味を示している。しかし一方、科学の読み物や講演などには興味を示さないところが気にかかる。

ものづくり基盤技術基本計画（平成12年9月）によると、わが国のものづくりの技術は基幹産業である製造業の発展を支えてきた。それは日本経済と国民生活の向上に貢献してきた。一方論文³⁾によると、日本は競争相手の変化に早急に反応し、製品サイクルを短くし、ニーズにあった製品開発と、新しいマーケットの販売計画を立てたものづくりで世界市

* 技術教育

** 熊本電波工業高等専門学校

場で活躍してきた。

さらに平成15年版科学技術白書⁴⁾によると、就業構造の変化や海外地域における工業化等による影響などで製造業の衰退が懸念されている。併せて、若年者を中心にしたものづくりへの思考離れや熟年技能者の高齢化等によりわが国の経済発展を担う、ものづくり基盤技術の継承が困難になっている。わが国が将来にわたり技術立国として発展していくためには、ものづくり基盤技術に関する能力を尊重する社会的気運を醸成し、かつ、ものづくり基盤技術の積極的な振興を図ることが不可欠と述べている。

このような優れた日本人の技術力再構築と将来の不安払拭のために政府の指導で種々の試みが成されている。また、技術教育を担っている高専では専門性を生かしたものづくりができる技術者をいかに育てるかを模索し、努力が成されている。

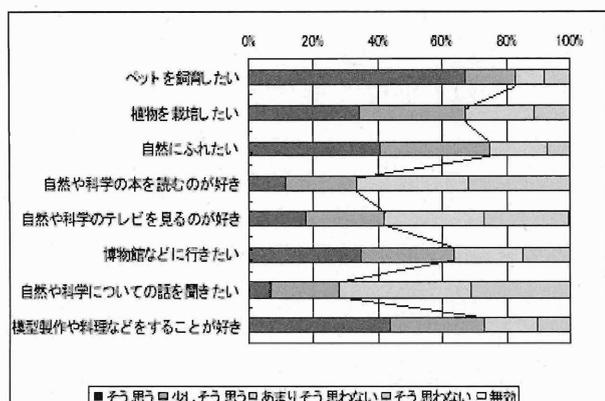


図1 興味ある分野²⁾

ものづくり教育

高専では授業、課外およびその他、ものづくりは各学科独自で実施されているが、学生の実情を見ると十分な効果を上げているとは言えない。そこで使用目的の明確な題材の、ものづくりを行い、技術知識や技能を調査することで効果的なものづくりの教育方法について検討を行う。

1. ものづくりの題材設定

TIMSSの第3回追調査と近い年代である高専4年次生を対象に、ものづくりに関する技術知識・能力を調べるために、広範囲な技術内容で使用目的が明確な課題として次の透視度表示器の製作を課した。これは小学校レベルの利用教材とすることで、複雑な機構を有せず、学生にも製作可能な技術・技能内容で、その技術要素と講義内容の関連性やものづくり経験の有無、さらに難易度や必要時間数などの調査が行いやすく、かつ小学校から中学・高校段階ま

での広い範囲の基礎知識と専門科目の関連調査が容易であることから選定した。

教材製作は放課後や休日の自由な時間を利用した。質問時間が自由にとれて、その質問事項の検討・分析も同時に行え、しかも製作状態のチェックが容易になるように配慮した。なお、授業時間には創造性育成の実験項目(ものづくりを基本とする)が実施されるが、その課題は学生自らが発案、選択、決定するため内容が易くなる傾向がある。

2. 透視度表示器

熊本市環境総合センターが実施する子供環境教室で使用される水の透視度測定の副教材として電子化された表示器の製作を行う。以下に概要を述べる。透視度計はJIS K0102-9:工場排水試験法に規定されている。簡単に解説すると図2のような1mのガラス管等に測定する液を上面まで入れ、底に沈められた円盤に印された十字のマークが見えるまで液を抜き、この時の液柱の長さをもって透視度を表す。液柱の長さの値が大きいほど透明度が高い。

学生にこれらを説明し、使用するセンサー、電子回路、マイクロコントローラ、出力回路等についてヒントを提示し、それを基に回路設計を行い教材を作成する⁵⁾。

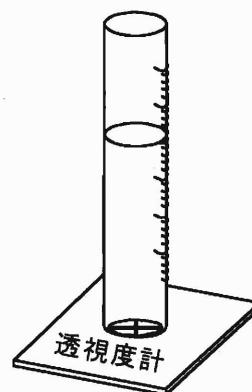


図2 透視度計

3. 技術知識の分野構成

マイクロコントローラを使い、ランプでその透視度に応じた表示をさせる透視度表示器の技術要素や基礎知識に関する分野を資料2のように、設計、製作(ハードウェアとソフトウェア)、調整、筐体製作等のように教科書の単元を基準として分類した。表1にその内容の一部を示す。

表1 技術知識の分野構成(抽出部分)

項目	関連専門分野の主な内容
4.電子回路ハードウェア(製作関連)	
マイコン回路	はんだ付け技術、部品の選択
電源回路	整流回路と安定化電源
センサー回路	部品配置
OPアンプ回路	安定した動作、可変抵抗
D/Aコンバータ	原理と部品選定、調整用ポテンショメータ
出力回路	低圧と高圧の絶縁(安全への配慮)

この表は例えば電子回路のハードウェア部には電源回路があり、その中に整流回路と安定化電源に関する技術知識が必要であることを表す。この部分のみでも多くの専門分野の技術知識を必要とする。

4. 製作に必要な技術知識の履修学年、難易度および理解に必要な時間数

技術知識はいつどのようにして学生は身につけるのであろうか。製作を行った学生のアンケート結果と指導者が考察した技術内容による分析を行った。これを明確にすることがものづくり技術の根源となる。すなわち経験なくしては、完成度の高いものづくりは望めない。そのためにはどの時期に技術教育が行われるべきか、その推測が可能となる。

各技術の知識について履修学年、難易度、必要時間数を学生から聞き取ったデータと、指導教官が考察したものを資料3に示す。ここではその一部を抽出して検討するが、その関連部分を表2に示す。

表2 製作に必要な技術知識の履修学年、難易度および必要な時間数（抽出部分）

技術知識	履修学年	難△ 易◎	時間
3 ハードウェア 回路関係(製作)			
マイコン回路	なし	△	3
電源回路	なし	◎	1
センサー回路	なし	◎	1
OPアンプ回路	4年実験	○	2
D/Aコンバータ	4年実験	○	1
出力回路	なし	◎	1
はんだ付け	1年	○	

この表より回路の設計について、講義が済んでいる技術知識については易しい、未講義項目は難しいと、必然的な結果がでている。特筆すべきはプログラム作成に関して、2年次から履修している科目情報処理の効果がよく表れている。一般的に設計に比べ製作が難しいことを示しており、聞き取り調査でものづくり経験が少ないことが分かった。これはOPアンプの実際の形状を知らない、マイクロコントローラのピンの見方や3端子レギュレータは何なのか実物と理論が結びつかないなど経験の少なさがある。これには実験実習の不足や講義における指導者の手ばかりも否めない。設計と製作（ハードウェアとソフトウェア）部門が学年でどの程度の時間数を必要としているのかを図3に示す。

この図から製作の時間は、1年次からの毎学年ごとに必要なことが判る。それは、特にIC（マイクロコントローラやOPアンプ）などの小さい部品の、

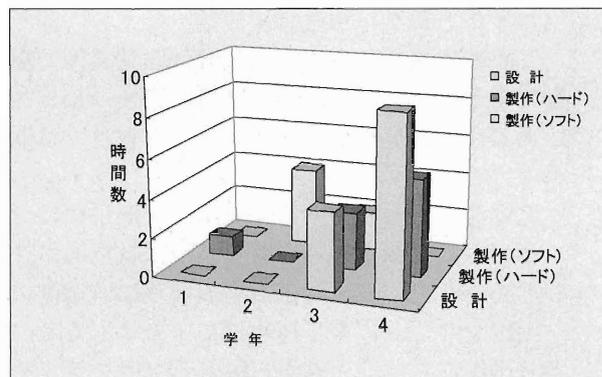


図3 各分野における必要時間数

はんだ付けは特殊な技術・技能を要し、初心者では失敗が多くなり自信喪失状態になり、ものづくりを敬遠することを防止するためにも必要である。設計に関する講義は学年に応じて進めてよい。

5. 基礎技術科目の関連性

実験や製作などの知識がものづくりに大きな役割を果たすことは前にも述べた。そこで透視度表示器の電源回路部分に関する専門的な基礎技術要素や知識の関連性の検討を行った。これを表3に示す。

表から、当該学年のみならず小中学校から関連する項目も多く見られる。電源回路の基礎は、小学校から履修する基礎的な技術知識であり、前述した理科に興味を持ち始める3学年から学習する内容である。関連する項目を以下に述べる。

(1) 製作に利用した回路について

- ・電子回路を駆動する直流電源（電池と関連）
交流100[V]を入力し、降圧した後直流へ変換後、さらに安定した5[V]電源として出力する。
- ・表示器用電球点灯について
マイクロコントローラ関連回路は直流5[V]で動作するが、リレー出力は交流100[V]ラインを制御する。（レベル変換）

(2) 関連知識の調査・検討

上記の各技術的な要素について関連する知識の調査・検討の結果を以下に述べる。

1) 交流と直流

小学校理科で乾電池と電磁石の単元に直流が取り上げられ、3・4年生と6年生で履修する。交流は日常生活に直結しており子供たちも意識なく利用しているが、教科では明確には出ていない。乾電池の項目で家庭の電源コンセントを取り上げ、交流の危険性を認識させる必要がある。また中学校では理科第1分野の電流の利用を学習する単元にオームの法則と電磁誘導作用

(コイルと磁石)を履修する⁶⁾。

回路に使用される電源の種類から乾電池で駆動できるモノ(電気回路)と交流を使ったモノがあることは日常生活で覚えるが、教科では遅れている。

乾電池の代わりをする交流電源、簡単にはコンセントに、あるモノを差し込めば乾電池は使わなくても良いし、携帯電話のように一週間に一回コンセントに差し込めばいいモノもある。多分子供たちは幼児期から触れるプラモデルやゲーム機などで、この利用法は十分知っているが理解はしていないと思われる。

本回路のようにマイコン回路は電流消費が少なく、乾電池でも動作するが、表示結果を明るくする為に消費電力が大きいランプの使用は電池の消耗を早め、実用的でない気が付く者は少ない。乾電池の実験で単3などの小さな電池に豆電球と発光ダイオード(もしくは使用電圧の異なる豆電球)を授業時間中通電したままにすると、どのようになるか想像させ実験すればこの問題は解決する。よってこの回路は交流電源を使って直流を作る方式が実用的であると結論づけることを期待する。このように知識と実験の経験がものづくりの基礎を成している。

表3 基礎技術関連表(電源回路)

項目	関連専門技術項目
1.交流を直流に変化させるには	
電源トランス	インダクタンス
整流回路	巻き数比と電圧昇圧と降圧 電子工学 ダイオードと整流作用 ブリッジ整流回路 脈流 平滑回路 コンデンサ
実効値,最大値,平均値	リップル含有率
2.安定化電源	
電圧降下と内部抵抗 定電圧回路と 定電流回路	オームの法則 ツェナーダイオード 定電圧回路 3端子レギュレータ
自動制御回路	フィードバック回路
3.電源供給	
発振現象 電力損失	高ゲイン定電圧回路 シリーズ型、ブリーダ形 スイッチング形定電圧回路
バイパスコンデンサ	ノイズ 電磁シールド

また実社会で感電事故を防ぎ、安全に生活するための命を守る教育も必要である。中学校ではトランスや、新技術のスイッチングレギュレータや、手作り電池、風力発電、太陽電池など環境対策や省エネ教育の題材として取り上げるべきものも多い。

2) 実用回路技術の関連性

電源回路の基礎的な関連技術項目は実験のテーマとして取り上げられており、学生は回路の原理や特性など理解している。しかし、本製作回路のように基礎的な回路が複数組み合わせられた場合、知識を連携させることは苦手である。トランスを使い5[V]の直流安定化電源を作成するテーマを総合的に設計・製作できる学生は少ない。さらに実際の回路構成にブリッジダイオードや3端子レギュレータを利用すると、その実物は知らない。これは教育する側が大いに反省すべきことである。以上一つの分野について簡単に調査・検討したが、それでも広範囲で奥が深く、また分野が絡まり、ひとつの物を作り上げるのに多くの科学・技術知識が必要になることが再認識された。これらの関連する知識を身につけるには経験が大きな役割を担う。小中学校からのものづくり経験とそれに伴う科学的な視野が新しい物を創造するのに必要不可欠である。

6. 透視度表示器の製作

製作した透視度表示器について概要を述べる。

(1) 電子回路(ハードウェア)

光源から測定試料を透過した光を上部に設置された光センサで受光し、光量に応じた電圧値を透視度に換算して出力のランプを点灯させる動作原理である。簡易型のため回路的な処理は行っていない。光センサの信号はコンパレータへ入力され、3ビットのD/Aコンバータからの出力と比べられる。このデータを5回取り込み、D/Aコンバータに書き込んだ平均値を表

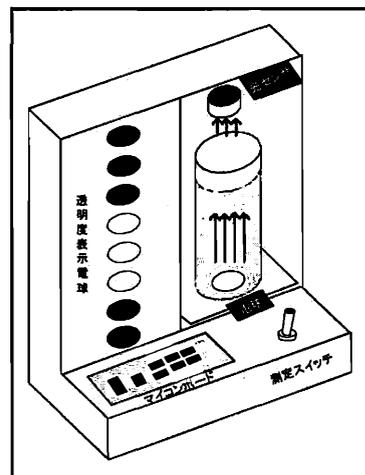


図4 模式図

示データとして使用する。データは各ビットに対応する8個の直流5[V]リレーを駆動し、その接点に接続された100[V]のランプを点・消灯する。

製作はユニバーサル基板にICソケットを使用してコントローラ部のみ製作し、100[V]ラインは安全上、別にしてコネクタで接続する方式となっている。この回路図を資料1に模式図を図4に示す。

(2) 電源回路

AC100[V]の入力はトランスで8[V]に降圧、ブリッジダイオードで整流され、220[μF]の平滑コンデンサを経て発振防止用の0.1[μF]コンデンサが接続された3端子レギュレータへ入力され、安定化された直流5[V]を出力する。3端子レギュレータの内部の回路や動作については電子工学や制御工学で履修する。

製作した電源回路の回路図を図5に、出力特性を図6に示す。この回路の出力特性は透視度表示器の最大電流が200[mA]に対し、出力電圧の変化は0.01[V]となり、この簡単な回路にもかかわらずICのすばらしい働きに学生が感動を覚えていた。

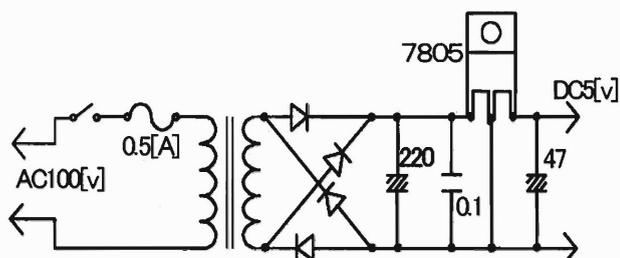


図5 電源回路

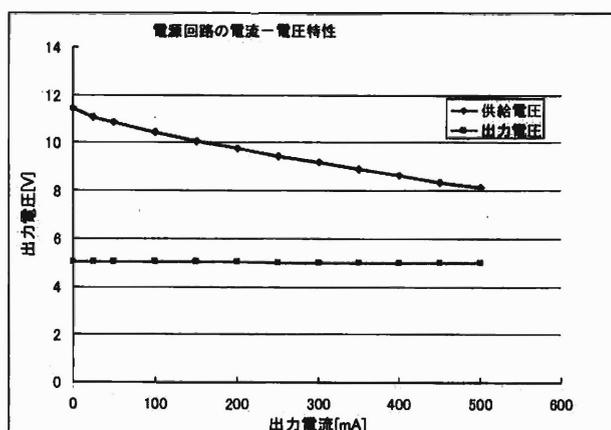


図6 電源回路の出力特性

(3) プログラム (ソフトウェア)

2・3年次で履修しているプログラミング言語はPascalとCであるが、利用する命令が分かりやすいBASIC言語 (コンパイラ) を使用した。学生はすべての項目で易しいという結論を出し、言語自体にも抵抗感がなかった。すなわち一つの言語を習得すれば、インストラクションの違いのみでアルゴリズムは同じであるという方針の本学情報処理教育の効果が表れている。

(4) 筐体 (外装容器) の製作

木材やアルミ材の加工については中学時の経験などがあり、また入学後も経験していることから易しいと回答した。塗装については環境に配慮する注意を与えることが必要であった。

(5) 最終組み立てと調整

配線については100[V]ラインの高圧部と5[V]ラインの低圧部の隔離と水をこぼした場合の感電事故を防ぐことを配慮させた。

システムの最終調整については根気を要する仕事であり、標準化のためには必要不可欠な項目である。ここでは理論と実際の回路データの関連性や技術知識が最も必要なところであり、学生の能力の差が大きく現れる。これは経験を積むことにより、技術の習得が可能となる。表示器のデータは表4のようにソフトウェアでデータの調整を行った。

表4 表示データ

透視度計の距離 [cm]	40	50	60	65	70	90	90 以上
点灯ランプの数 [個]	1	2	3	4	5	6	8

製作された透視度表示器を熊本市環境総合センターが実施する子供環境教室で演示している様子を写真1に示す。



写真1 測定演示中の様子

7. 製作を終えて

ものづくり教育に必要な技術の知識や技能が、小学校低学年からどのように形成されるかにスポットをあてて研究した。その結果について述べる。

(1) 学生の反応

製作に必要な技術知識の履修学年、難易度および理解に必要な時間数を表わす集計結果、前述の資料3から、難しい項目が必ずしも理解していないということより、経験不足が理解を困難にしていると言える。

製作に関しては設計が易しくても、組み立ては難しいと回答した項目がある。それは、はんだ付け作業の不慣れが大きく、わずか1/10インチの間隔に部品をはんだ付けしていく技術はかなりの経験を要することが改めて判った。また、部品図面と実物が対比できないものもあった。なお、加熱等により壊れやすい半導体素子は、ソケットを多用することが薦められる。組み立て時間は約9時間であったが、ここで製作した学生は比較的はんだ付けに慣れているので効率的に作業を終えることができた。

(2) 透視度表示器に対する児童の反応

製作物を熊本市環境総合センターにおいて児童に演示した。河川水の計測に加えて児童自ら濁り方の異なる石けん水を作り、容易に透視度が表示されることを体験した。ここで多くの質問が出され、環境に対する関心の強さが示された。このように児童に興味を湧かせた効果があったことは、設計方針として精密な測定より操作が容易で興味を惹く教材として製作するという初期の目的を達することができた。また、正確に測定できるような装置に改造できないかという要望も寄せられ、今後の改良の方向も示された。

ま と め

ものづくりに関する技術の知識と経験が、どのように関連するかという課題に対して、その重要な一翼を担う電気の専門的な知識に絞って検討した。本報告中の直流と交流の項目だけでも、その基礎として小中学校からの知識や技術・技能などの、ものづくり経験が大きく影響していることが改めて判明した。このように、ものづくり教育は、学習した知識と種々の経験の統合によって大成されるため、授業で製作学習を積極的に取り入れる必要が痛感させられる。現実的には実験製作には多くの時間と労力が要求され、すぐに従来の教育方法や時間内で実施するのは困難な面もあるが、総合的な学習の時間や選

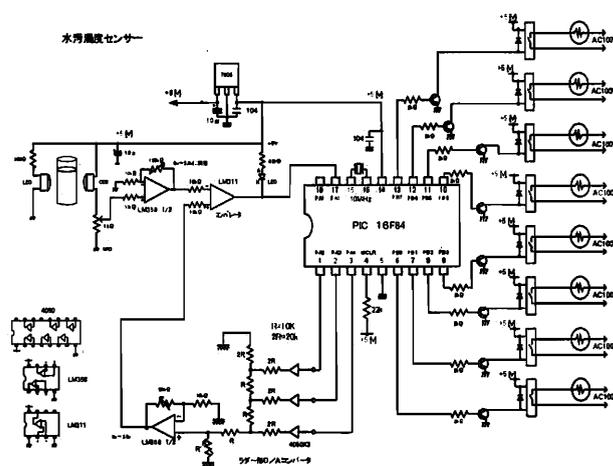
択教科などに積極的に組み込む必要がある。

ものづくりは電気分野のみならず、もっと広い教科・内容の総合力が基盤となって達成される。その点から小中学校の理数系教科内容の関連性や更に、その他の教科の貢献も見逃せない存在であると思われる。今後、これらのことについて明らかにしていきたい。これらが理科・科学離れを防止する一翼になることを期待する。

参 考 文 献

- 1) TIMSS, "Student Background with Science Achievement MAIN SURVEY," Third International Mathematics and Science Study Repeat, December 5, 2000.
- 2) 群馬県総合教育センター, "群馬県における理科教育の充実を図るための調査研究 理科教育に関する実態調査 一小中高の現状と課題一," 平成14年度所員研究報告より, <http://www.center.gsn.ed.jp/>.
- 3) Memis Acar, Robert M. Parkin, "Engineering Education for Mechatronics," IEEE Trans. Ind. Electron. Vol.43, No. 1, pp.106-112, 1996.
- 4) 文部科学省, "平成15年版科学技術白書," <http://www.mext.go.jp>, 2003.
- 5) Myke Predko, "Programming and customizing the PIC microcontroller," McGraw-Hill, 1998.
- 6) 文部科学省, "学習指導要領," <http://www.mext.go.jp>, 2003.

資料1 透視度表示器の回路図



資料 2 技術知識の分野構成

項 目	関連専門分野の主な内容
1.透視度計の原理	
	JIS K0102-9 工場排水試験法に基づいた測定法
2.教材の利用目的	
児童の教材として	価格的にはガラス管タイプが経済的（手作りも可能）だが、センサーやマイコンに興味を持たせる
精 度	個人的な測定差の解消（肉眼観察のため、個人差が生じる） 数値データでは表さない
発展性(工業製品として)	汚水処理センサー、携帯型小形透視度計 市販品は 10 万円以上（目標 教材製作費は 1 万円以下）
3.回路の設計	
マイクロコントローラ回路	PIC の利用
D/A コンバータ回路	簡易型で実現
出力回路	はっきり見えるランプ表示(100[V]点灯) リレーを使用して 100[V] on/off
電源回路	AC100[V] マイコン回路は DC5[V]
センサー回路	可視光センサ（光量は測定容器で調整）
センサーデータ加工回路	透過光をアナログデータとして取り出す
OP アンプ回路	アナログデータと範囲設定、D/A コンバータ 回路出力の比較とマイコンへの出力
測定データ範囲	透視度計の標準化
4.電子回路ハードウェア（製作関連）	
マイコン回路	はんだ付け技術、部品の選択
電源回路	整流回路と安定化電源
センサー回路	部品配置
OP アンプ回路	安定した動作、可変抵抗
D/A コンバータ回路	原理と部品選定、調整用ポテンショメータ
出力回路	低圧と高圧の絶縁（安全への配慮）
5.ソフトウェア	開発言語の選択
センサーデータの取り込み	取り込みのタイミングと時間、回数
データの処理	特定データのフィルタリング
出力データ	反応時間を考慮した出力
繰り返し処理	収集データの処理
フラッシュ ROM への書込み	スタンドアロンでの動作
6.調 整	デバッグ（ソフトウェアの適合性）
試験用容器の製作	光量データとの整合性
センサーの調整	光源とセンサーの距離調整・固定化
OP アンプ回路の調整	データ範囲の整合
D/A コンバータ回路の調整	マイクロコントローラへの出力
プログラムの出力結果	データの値に対する出力結果の調整
7.外装容器製作	水漏れ等への配慮
総合配線	安全性・感電事故への配慮
加 工	光回り込みへ密封性
塗 装	公害に配慮
8.最終調整	総合動作試験
9.教材利用	講 義
パネル作成	理解を助ける図示パネル
実使用	実演・評価
10.検討・改良	
	精度アップの問題、複数の試料容器

資料3 製作に必要な技術知識の履修学年、難易度および理解に必要な時間数

項 目	履 修 学 年	難 易 度 難△易◎	必 要 時 間 (最低)	備 考
1 透視度計とは				
JIS K0102-9	なし	◎	10分	小学校(選択)
工場排水試験法	なし	◎	10分	
2 使用目的				
児童の教材として				興味を惹く表示
精 度		◎		必要なし
3 回路設計				
マイコン回路				
マイコンシステム回路	4年	△	6時間	経験を必要とする
D/Aコンバータ回路	4年	◎	1時間	ラダー形
出力回路	4年	◎	1時間	リレー出力
電源回路	3年	◎	1時間	3端子はわからない
センサー電子回路				
センサー回路	3年	◎	1時間	計測工学
OPアンプ回路	3年	○	2時間	電子回路学
データ範囲		△	1時間	動作範囲
3 ハードウェア 回路関係(製作)			9時間 (3時間×3回)	
マイコン回路	なし	△		接続間幅が小
電源回路	なし	◎		接続間幅が大
センサー回路	なし	◎		接続間幅が大
OPアンプ回路	4年実験	○		実物が判らない
D/Aコンバータ回路	4年実験	○		専用ICは使用せず
出力回路	なし	◎		DCとAC
はんだ付け	1年	○		ICのはんだ付け難
4 ソフトウェア (プログラム作成)			6時間 (3時間×2)	
データの取り込み	2年	◎		BASIC言語
データの処理	2年	◎		ビット処理,平均値
出力データ	2年	◎		ビットごとの出力
繰り返し処理	2年	◎		
ROMへの書き込み	4年	◎		ツールの利用
プログラム出力結果	3年	◎		デバッグ作業
5 調 整				
試験用容器の製作	なし	○	2時間	材料判断・選定
センサーの調整	なし	△	1時間	データシート参照
OPアンプ回路の調整	なし	△	1時間	データの範囲
D/Aコンバータの調整	5年	◎	10分	動作の確認
6 外装容器製作				
部品装着・総合配線		○	3時間	ボード・電源の配置
加工・組み立て	中学時	◎	3時間	
塗装	中学時	◎	30分	
7 最終調整				
		△	2時間	精度の問題
				総合動作・調整
8 教材利用				
パネル作成		◎	2時間	教示用大型パネル
実使用		◎	1時間	シナリオ作成
9 検討・改良 検討・改良				
		△		精度向上
		合 計	44時間	1単位時間35時間