理工系初年次学生のための基礎実験の取り組み

Basic Laboratory Class for First-Year Students in Faculty of Science and Engineering

一色 美博^{※1}
Yoshihiro ISSHIKI

伊藤 譲^{※1}
Yuzuru ITO

山本 淳治^{※1}
Junji YAMAMOTO

松尾 康光^{※1}
Yasumitsu MATSUO

神嶋 修^{※1}
Osamu KAMISHIMA

森脇 俊道^{※1}
Toshimichi MORIWAKI

Recently, introductory education is becoming important for engineering students. Under such a condition, a basic laboratory class was developed for first-year students at Setsunan University. The class is opened to five departments in Faculty of Science and Engineering. This paper describes the attempt of the class and discusses the effect of the class. The major results obtained are as follows: 1) The number of students with confidence in science increased by completion of the class, 2) The report system that requires preparation of the class is considered to be effective for developing the study habits, 3) Most students were able to recognize importance of the team activity by joint hands-on learning to work on various experimental themes by the team.

Keywords: Engineering Education, Basic Laboratory Class, Introductory Education, First-Year Education

キーワード: 工学教育, 基礎実験, 導入教育, 初年次教育

1. はじめに

摂南大学では、昨今の理系離れの風潮や高校での多様な教育の展開などに伴い、様々な学習履歴を持つ学生が入学している。このような学生には、基礎学力が十分でなかったり、学習意欲はあっても学習リテラシー（準備学習の習慣、ノートテキングなど）に欠けていたり、入学理由が漠然としていて学習モチベーションが欠如しているケースが増えてきている。

また、最近の学生全般の特徴として、理工系志望者で、ものづくりが好きであるにも拘らず、興味の対象が完成品にとどまっていること、体を動かして遊ぶことや工作することなどの広い意味での体験学習が不足していることなどが挙げられる。さらに、友人を作り大学生活に早く馴染みたい気持ちはあるが、人間関係を築くことも苦手なようである。このような初年次学生の特徴は、前述の基礎学力の低さや学習リテラシーの欠如と相俟って、学習意欲が低下し遅刻欠席が増えて、ドロップアウトにつながるケースもあって、専門教育から就職・進路指導にまで支障が生じ始めていた。

この問題に対して、他大学において導入教育や初年次教育の必要性が議論されたと同様に、摂南大学にお

いても各種委員会・ワーキングを立ち上げ、数多くの取り組みを実施してきた。初年次学生を対象に学習リテラシーやマナー教育を行う基礎ゼミを開講し、数学・物理学系科目の基礎学力を身に付けさせるための学習支援センターを開設した^{1), 2)}。また、習熟度別クラス、入学前教育³⁾、日本語リメディアル教育、数学・英語科目の共通試験、ものづくりへの関心を刺激する科目などを設けて学生の変化に対応してきた。物理学実験系科目に関しては、2007年度に工学部の2学科（都市環境システム工学科、機械工学科）において「工学基礎実験」を開講した。2010年度より理工学部の開設に伴い、5学科（住環境デザイン学科、建築学科、機械工学科、電気電子工学科、都市環境工学科）で共同開講する「理工学基礎実験」へと展開している⁴⁾⁻⁷⁾。

本稿では、初年次学生のために開発した理工学基礎実験の取り組みについて述べるとともに、授業アンケートおよび履修前・履修後に行ったアンケートの結果を踏まえてその教育効果について報告する。

2. 理工学基礎実験における育成目標とその工夫

理工学基礎実験（以下、「基礎実験」）の取組みが目指す育成能力は次のとおりである。

(1) 長さ、重さ、電圧・電流、圧力・温度、pHなどの基礎的な計測方法と工学、物理学の基礎的な考え方

- を共同体験・双方向型学習により身に付ける。
- (2) ものづくりの基本である「見る，聴く，触れる，嗅ぐ，味わう」の五感を働かせることと，よく考えて予想・分析する能力を身に付ける。
- (3) 役割分担したチーム学習により，自らの役割に主体的に取り組み，他のメンバーと協力・話し合い・働きかけて，目的を確実に実行する能力を身に付ける。
- (4) 事前配布されたレポート用紙を活用した予習の徹底により，主体的に学習する習慣を身に付ける。
- これらの育成能力は，「社会人基礎力」⁸⁾で定義されており，社会で活躍するための次のような力の養成が可能となっている。

- (1) 前に踏み出す力：主体性，働きかけ力，実行力の重要性を意識させるために，実験では毎回チーム内の役割分担を決めてから実施させ，レポートにも役割分担を記入する欄を設ける。また，主体的に学習する習慣を身に付けさせるためにレポート用紙を活用した予習を課す。
- (2) 考え抜く力：現状を分析して課題を明らかにするため，実験の実施前に予想することをルーチンとして課す。予想結果をレポートに記入してから実験を行う。さらに，実験結果はグループで共有するが，考察については最終的には自分の考えを示すこととする。
- (3) チームで働く力：フリーライダーではなく，チームの一員として積極的に参加することを促すために，前述のように毎回の実験で役割分担の決定を行う。また，実験は共同で実施するため，遅刻と欠席や予習をしないことはチーム全体に影響を及ぼすことから，所定回数以上の遅刻と欠席がある場合は成績評価しないことを徹底する。

3. 理工学基礎実験の概要

3.1 実施組織

基礎実験を5学科で円滑に実施するため，理工学部内に，各専門学科の授業担当者，実験メニューの開発とテキスト執筆者，科学・数学系教員，事務スタッフから構成される理工学部基礎実験実施委員会（以下，「実施委員会」）を設けた。

3.2 授業形態

1年次前期の必修科目として開講されるこの授業では，共同開講する5学科の入学定員は各々異なるが，各学科の学生は共通の実験室，実験機材を用いて同一の実験メニューをこなす。図1に示すように，1学科（入学定員60～110名）の学生は4グループ（約15～30名）4室に分かれ，4種類の実験テーマに取り組む。各々の実験室において，各1名の教室担当教員とティーチングアシスタント（以下，「TA」）が実験の指導にあたり，2室に1名の教員が補助的な指導を行う。各

図1 授業形態

表1 実験メニュー

実験テーマ	主な内容
1. 歩測	自分の歩幅を知り，歩幅で距離をはかる
2. 体積と重量	身の回りの様々な物体の大きさをはかる
3. 浮力	物体に作用する浮力をはかる
4. 平面図形の重心(図心)	平面図形の重心（図心）をはかる
5. 力の合成	糸と重りを使い，力のつりあいを調べる
6. フックの法則	ばねに力を加えたときの変形量をはかる
7. 重力加速度	様々な方法で重力加速度をはかる
8. 水平投射運動	水平投射される球の位置をはかる
9. 圧力と温度	様々な状態の空気の高圧と温度をはかる
10. 仕事と熱エネルギー	人の腕力と脚力によるパワーをはかる
11. 電流と電圧	電気回路の電流と電圧をはかる
12. 電池の仕組み	電池を使い，金属のイオン化傾向を調べる
13. 発電機とリニアモーター	磁石で電気を作り，磁場中の銅線を動かす
14. 光の強さと成分	分光器で光の強さと色の成分をはかる
15. 空気の対流	空気の対流内の温度差をはかる
16. pHとEC	身近な環境における水質をはかる
17. ビオトープの観察	ビオトープの生物を観察し，環境を調べる

グループは，さらに6チーム（2～5名）に分かれており，全員が確実に実験に参加することができる。4週間に4種類の実験テーマを順次実施した後，次の4種類の実験テーマに移る。このようにして，学生はこの基礎実験を通じて6名の教員と4名のTAの指導を受けることになる。実験の指導においては，教員およびTAが学生と密に関わる双方向型学習を重視している。また，各チームは履修期間中同一のメンバーで構成されるため，様々な実験を共同体験することによってチームワークが醸成され，学習意欲が高まるとともに友人作りの機会にもなっている。

3.3 実験メニューとテキスト

実験メニューは表1に示す全17テーマの実験で構成されている。身近な物理現象を対象とし，理工学部各学科の専門分野に関係なく理工学全般に必要な基礎的計測技術を体験できるように計画した。そして，五感を働かせて理工学の基礎的な考え方に触れることがで

図2 実験レポート

きる実験テーマを各専門学科の教員が考案した。

実験メニューを網羅したテキストには実験テーマごとに概要、目的、実験方法、コラム等が簡潔に記載されている。各実験テーマについては実験を考案した専門学科の教員がテキスト原稿を執筆した。科学・数学系教員が執筆を担当したコラムでは、各テーマの実験において重要な法則の解説や補足説明が書かれ、予習やデータ整理のための便利な情報が与えられている。

このようにテキストは実験方法を説明するだけでなく、コラム欄の説明により、専門基礎科目の内容と連携して理解が深められ、このテキスト1冊だけで自学自習もできるようになっている。なお、このテキストは2012年度から市販している⁹⁾。

3.4 実験レポート

レポート用紙として用いる実験レポートの様式は見開きA4の4ページ(A3二つ折り両面1枚)で、1ページ目には図2に示すように実験方法の要旨と実験後の感想を書く欄を設けた。2～4ページには実験実施前に記入する予想欄、役割分担を記入する欄を設けるとともに、実験データ、計算結果と考察を記入する欄が設けられている。予習として、毎回の実験日までにテキストを読んで実験レポート1ページ目の実験の要旨欄に所定の文字数でまとめることが課され、授業開始時に予習の確認が行われる。また、提出された実験レポートは教室担当教員が採点した後、次の実験時に学生に返却される。このように実験レポートを効果的に活用することによって、初年次に予習の習慣やレポートの書き方などの学習リテラシーを身に付けさせるようにしている。

3.5 授業運営

実施委員会では共同開講する5学科が実施する基礎実験の運営を担っている。表2に実施委員会の活動例を示す。各学科の基礎実験には多数の教員とTAが実験指導に携わるので、実験を担当する教員・TAを対象に、実験テーマを開発した教員が実験内容の説明を行う基礎実験研修会を開催する。また、履修前・履修後アンケートの実施、アンケート結果の分析、実験担

表2 授業運営

時期	活動内容
4月上旬	第1回実験研修会 実験テーマ①, ②, ④, ⑦, ⑩の説明
5月中旬	第2回実験研修会 実験テーマ③, ⑤, ⑥, ⑪の説明
6月上旬	第1回実施委員会 履修後アンケートの改訂
6月上旬	第3回実験研修会 実験テーマ⑧, ⑨, ⑫, ⑬の説明
7月上旬	第4回実験研修会 実験テーマ⑭, ⑮の説明
10月下旬	第2回実施委員会 アンケート結果の分析、実験内容の検討
12月上旬	第3回実施委員会 シラバス・テキスト等の改訂
3月中旬	第4回実施委員会 次年度履修前アンケートの改訂

当者からのフィードバックにより、シラバス、テキスト、実験内容、レポート様式等の改訂を行う。このように、実施委員会におけるPDCAサイクルによって授業の改善が図られている。

3.6 実施状況

2007年度から工学部2学科(都市環境システム工学科、機械工学科)で「工学基礎実験」を開講した。実績を積み、2010年度の学部改組により理工学部となった後は、住環境デザイン学科(以下、「R科」)、建築学科(以下、「A科」)、機械工学科(以下、「M科」)、電気電子工学科(以下、「E科」)、都市環境工学科(以下、「C科」)の5学科で共同開講する「理工学基礎実験」として実施している。改組後の2010年度から2013年度までの4年間で5学科合わせて約1,850名の学生が受講した。

4. 授業の評価

4.1 物理系科目への波及効果

2007年度に開講した「工学基礎実験」の波及効果を確認するため、都市環境システム工学科と機械工学科の学生を対象に、高校評定と両学科の主要科目である力学科目の成績との関係を調べた。基礎実験を開講する前の学生(2006年度入学生)の高校評定と力学評点との関係を図3、基礎実験開講後の学生(2007年度入学生)の高校評定と力学評点との関係を図4に示す。

基礎実験開講前の2006年度では、高校評定と力学評点との相関係数が -0.097 で正の相関関係は認められない。このことは大多数の学生にとって高校までに身に付いた学力と力学科目の内容とが離れすぎて、高校までの知識が役立たなかったためであると考えられる。

一方、基礎実験を開講した2007年度の相関係数は 0.229 で正の相関関係が認められる。基礎実験に当時含まれていた力学系の実験テーマが力学科目の学習に役立ったものと思われ、基礎実験が高校までの学力と力学科目との橋渡しとなっている可能性が考えられる。

4.2 授業アンケート

2011年度前期の授業が終了する直前の6月下旬に実

表3 2011年度授業アンケート結果

		回答数	A1	A2	A3	A7	A9
			出席率	学生の意欲	事前事後学習	教員の工夫	満足度
R科	基礎実験	65	4.66	4.29	4.02	3.58	3.75
	学科平均	—	4.31	3.73	3.03	3.43	3.50
A科	基礎実験	56	4.73	4.35	4.02	3.96	3.80
	学科平均	—	4.58	3.98	3.44	3.71	3.74
M科	基礎実験	118	4.73	4.34	3.95	3.82	3.85
	学科平均	—	4.62	3.93	3.03	3.60	3.64
E科	基礎実験	95	4.56	4.05	3.79	3.51	3.65
	学科平均	—	4.60	3.76	3.18	3.62	3.61
C科	基礎実験	61	4.82	4.46	4.16	4.11	4.29
	学科平均	—	4.59	4.12	3.59	3.75	3.76

図3 2006年度入学生の高校評定と力学の成績

図4 2007年度入学生の高校評定と力学の成績

施された「摂南大学学生による授業アンケート」の結果を表3に示す。「A1 出席率」に関する質問（この授業にどの程度出席しましたか）では、「40%未満」を1,「40～60%未満」を2,「60～80%未満」を3,「80～100%未満」を4,「100%」を5で重み付けし評価値を求めた。「A3 事前事後学習」に関する質問（この授業の事前・事後学習課題をしましたか）では、「まったくしなかった」を1,「あまりしなかった」を2,「時々した」を3,「よくした」を4,「大変よくした」を5で評価した。同様に、質問項目「A2 学生の意欲（この授業に意欲的に取り組みましたか）」,「A7 教員の工夫（この授業の担当教員は、授業内容を理解させるための工夫をしていましたか）」,「A9 満足度（総合的に考えて、この授業を受講してよかったと思いますか）」では、「まったくそう思わない」を1,「あまりそう思わない」を2,「どちらともいえない」を3,「そう思う」を4,「強くそう思う」を5とした。なお、比較のために各学科の同時期開講科目の平均値も示した。

表3からわかるように、一部の項目（E科の出席率と教員の工夫）を除いて、基礎実験の評価値は学科の平均値を上回っている。特に事前事後学習ではその差が0.57～0.99ポイント高い値となっており、実験レポートの予習課題が事前学習をする習慣を身に付けるこ

とに役立っているようである。また、学生の意欲・満足度でも基礎実験の評価値は学科の平均値を上回っており、初年次学生の学習意欲を増す科目としての役割を果たしていると思われる。

4.3 履修前アンケート

初年次学生の入学までの学習経験や理科科目に対する意識を調査するため、表4に示す履修前アンケートを2011年度から実施した。

(1) 新入生の学習経験

2011年度の新入生については、質問①の入試時に理科科目を選択した学生は全体の45%であり、物理を選択した学生は全体の33%であった。また、質問⑤の理科実験の経験者は全体の85%、物理と化学ではそれぞれ59%、66%が実験を経験していた。

2013年度の新入生の場合、理科科目を選択した学生が31%と少し低下したが、理科実験経験者が89%（物理実験63%、化学実験75%）に増加した。

(2) 理科系科目と実験科目への自信

2011年度の履修前アンケート結果の概要を図5に示す。表4の各質問項目に対して「はい」と答えた割合A,「どちらかと言うとはい」の割合B,「どちらでもない」の割合C,「どちらかと言うといいえ」の割合D,「いいえ」の割合Eを表している。質問②に対して高校時代に理科が好き(A)・どちらかと言うと好き(B)と答えた学生は43%を占めるが、質問③の理科が得意(A)・どちらかと言うと得意(B)と答えた学生は24%に減少している。また、質問④のこれから大学で学ぶ理科系科目への自信に対しては、質問③と同様に自信がある(A)・どちらかと言うと自信がある(B)学生は22%まで減少する。

一方、理科実験については、質問⑥の高校時代に理科実験が好き(A)・どちらかと言うと好き(B)であった学生は67%であり、理科が好きだった学生より多い

表4 履修前アンケートの概要

① 入学試験において、理科（科学）の科目を受験しましたか？
② 高校時代に理科（科学）は好きでしたか？
③ 高校時代に理科（科学）は得意でしたか？
④ 本学でこれから学ぶ理科（科学）系科目について自信はありますか？
⑤ 高校時代に理科の実験をした経験はありますか？
⑥ ⑤において、その実験は好きでしたか？
⑦ ⑤において、その実験は得意でしたか？
⑧ これから学ぶ「理工学基礎実験」について自信はありますか？

図5 2011年度履修前アンケート結果概要 (N=412)

ことがわかる。しかし、質問⑦の理科実験が得意であったか、質問⑧のこれから学ぶ理工学基礎実験に自信があるかの問いに対しては、各々27%、25%の学生しか肯定的な回答を示していない。つまり、理科よりも理科実験は好きではあるが、両者を得意と考える学生の割合はほぼ半減し、その結果として、大学で学ぶ理科系科目と基礎実験に対して自信がある学生も20%台に留まっていることがわかる。

以上のような高校時代の理科、理科実験に対する意識、大学で学ぶ理科系科目、基礎実験に対して自信が持てないマインドは、2012年度、2013年度に実施した履修前アンケート結果においてもよく似た傾向が現れており、入学生の特性に变化のないことがわかった。

4.4 履修後アンケート

(1) 実験の理解度

履修後アンケートの質問項目を表5、2011年度のアンケート結果の概要を図6に示す。質問①の基礎実験の理解度については、大半が理解できた(A)・どちらかと言うと理解できた方が多い(B)と答えた学生は72%を占めた。履修前アンケートにおいて理科、理科実験が得意(A)・どちらかと言うと得意(B)である学生が各々24%、27%であったことと比較すると大きな伸びが認められる。

表5 履修後アンケートの概要

① この授業で行った実験では、どれくらい理解できましたか？
② この授業では、チームワークを発揮して実験ができましたか？
③ 教員の指導は理解を助けるのに役立ちましたか？
④ TA（大学院生）の指導は理解を助けるのに役立ちましたか？
⑤ この授業は他の科学系科目を理解する上で効果がありましたか？
⑥ この授業を履修して、科学系科目に興味を持つ事ができましたか？
⑦ この授業で、結果を予想する習慣が身についたと思いますか？
⑧ この授業で、予習する習慣は身につきましたか？
⑨ この授業で、レポートの書き方が身につきましたか？
⑩ 後期からの授業について、自信はつきましたか？

図6 2011年度履修後アンケート結果概要 (N=361)

(2) チームワーク、教員とTAの指導

質問②のチームワークを発揮できたかについては、89%の学生が大いにできた(A)・ある程度できた(B)としており、チームで働く力の養成に基礎実験が大いに寄与していることがわかる。

質問④のTAの指導に関する質問では、88%が理解を助けるのに大いに役立った(A)・ある程度役立った(B)としている。教員の指導に関する質問③でも(A)、(B)合わせて81%であり、教員・TAの指導に対して肯定的な回答が多く、双方向型学習の効果が現れていると思われる。

(3) 基礎実験の効果

質問⑤の他の科学系科目を理解する上での効果としては、大いに効果があった(A)・ある程度あった(B)とする学生が65%を占めた。これは、同時期に開講されている物理学、力学等の科目の理解に役立っていることを示している。質問⑥の科学系科目への興味についても71%の学生が肯定的に回答しており、基礎実験が科学系科目への導入教育として有効であることがわ

かる。質問⑦の予想をする習慣、質問⑧の予習をする習慣、質問⑨のレポートの書き方に関しては、大いに身に付いた(A)・ある程度身に付いた(B)とする学生が各々61%、64%、68%を占めた。レポートの作成を通して、約2/3の学生が主体的に学習する習慣を身に付けることができたと言える。

質問⑩の後期科目への自信については、大いにある(A)19%、ある程度ある(B)41%の合計60%の学生で自信がついたとしている。履修前アンケートにおいて、理科系科目と基礎実験に自信を持つ学生が各々22%、25%であったことを考えると、基礎実験の履修により初年次学生の理科系科目に対する意識の変化が見られる。2012年度、2013年度の履修前・履修後アンケート結果においても同様の変化が見られることから、基礎実験は学生の理科系科目に対する苦手意識を克服する上で大きな効果があると言える。

4.5 実験における重要事項

2013年度の履修前・履修後アンケートから、実験において重要なことは何であるかを問う質問を追加した。「A：実験を他人任せにしない」、「B：欠席・遅刻をしない」、「C：チームワーク」、「D：レポートの提出」、「E：予習」に対して重要と思う順番を質問した結果、学生が最も重要と考える項目は、履修前アンケートでは欠席・遅刻をしない(B)が最多で41%を占めた。一方、履修後ではチームワーク(C)が最多で35%を占め、チームワーク(C)に加えて、実験を他人任せにしない(A)の25%と合わせると、60%の学生が共同作業の大切さを体験したことになる。

5. おわりに

理工系初年次学生のための基礎実験メニューを開発し、摂南大学理工学部5学科の共同開講授業として「理工学基礎実験」を開講した。基礎実験の概要を述べるとともに授業アンケートと履修前・履修後アンケートによって教育効果を評価した。

その結果、入学時に理科や理科実験の学習に自信を持ってない学生が少なからず存在するが、基礎実験の履修により、これらに対する意識が変わり、自信を持つ学生が増加することがわかった。また、予習の習慣や自ら考える習慣を身に付けさせるには、予習課題および予想や考察を記入する欄を設けたレポート用紙の活用が有効であることが示された。チームで様々な実験課題に取り組む共同体験学習により、多くの学生がチームで働く力の重要さに気付くことができた。

謝 辞

理工学基礎実験を実施するにあたり、摂南大学理工学部基礎実験実施委員会の委員、実験担当教員、ティーチングアシスタント、事務職員など多くの方々にご

協力をいただいた。ここに深甚の謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 山本淳治, 池田博一, 廣島文生, 内田照雄, 井上雅彦, 波田凱夫: 摂南大学工学部学習支援センターの開設, 平成16年度 工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp.597-598, 2004
- 2) 山本淳治, 渡会征三, 小林俊公, 平田 慈, 井上雅彦: 工学基礎科目に対する学習支援の取り組み-支援プログラムにおける工夫と学習効果-, 平成17年度 工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp.590-591, 2005
- 3) 小林俊公, 渡会征三: 工業科特別推薦合格者の数学入学前通信添削教育, 平成17年度 工学・工業教育研究講演会講演論文集, pp.610-611, 2005
- 4) 一色美博, 山本淳治, 伊藤 譲: 理工系初年次学生のための基礎実験の取り組み-摂南大学における理工学基礎実験-, 平成23年度 工学教育研究講演会講演論文集, pp.270-271, 2011
- 5) 一色美博, 山本淳治, 伊藤 譲: 理工系初年次学生のための基礎実験の取り組み(第2報)-摂南大学における理工学基礎実験-, 平成24年度 工学教育研究講演会講演論文集, pp.360-361, 2012
- 6) 一色美博, 松尾康光, 山本淳治, 伊藤 譲: 理工系初年次学生のための基礎実験の取り組み(第3報)-摂南大学における理工学基礎実験-, 平成25年度 工学教育研究講演会講演論文集, pp.38-39, 2013
- 7) 一色美博, 神嶋 修, 山本淳治, 伊藤 譲: 理工系初年次学生のための基礎実験の取り組み(第4報)-摂南大学における理工学基礎実験-, 平成26年度 工学教育研究講演会講演論文集, pp.440-441, 2014
- 8) 経済産業省: 社会人基礎力, Webページ, <http://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/>, 2015, 参照日: 2015-4-2
- 9) 一色美博, 他13名: 理工学基礎実験, 摂南大学, 2012

著 者 紹 介

一色 美博

所 属 摂南大学 理工学部
機械工学科 教授
学 位 博士(工学)(京都大学)
専門分野 熱工学, 内燃機関
所属学会 日本工学教育協会,
日本機械学会, 自動車技術会,
日本設計工学会等
連絡先 isshiki@mec.setsunan.ac.jp