大阪大学基礎工学部におけるPBL科目

Problem Based Learning in School of Engineering Science, Osaka University

佐藤 宏 介^{※1}
Kosuke SATO

小坂田 宏 三^{※1}
Kozo KOSAKADA

久保井 亮 一^{※1}
Ryoichi KUBOI

Problem Based Learning in School of Engineering Science, Osaka University is being achieved mainly focusing on the spontaneous setting of the project theme. The PBL program aims to promote students' wide variety of abilities ; communication skill, group discussion, presentation skill, mutual assessment of the students, and also especially research skill 3P (Plan-Perform-Publish).

Keywords : Problem Based Learning, Faculty Development

キーワード：創造教育科目，問題設定解決型学習，ファカルティデベロップメント

1. はじめに

近年我が国の社会体制は急激に成熟化し，若年層における学問への動機が失われつつある．そのような状況の中で，我が国が今後とも創造性と活力のある社会を維持し，国際社会において主要な役割を果たしていくためには，優れた人材の育成や新しい知恵の創造に努めることが不可欠であり，学部教育が果たすべき役割は極めて重要となってきた．学問，研究は外から強制されて推進する性質のものではないし，教授の仕方や履修の仕組みを指定することで進展するものでもないものと思われる．自主的・自発的な内省と透徹した洞察に基づく内部からの自己研鑽によって初めて到達するものであり，そのような青雲の志を有する能動的な学生を固定的な修学体系の杜に埋没させるのではなく，適切な活躍の場が必要といえる．

このような状況の中で基礎工学部では，専門科目の積極的かつ自律的な学習の動機づけを行うために，学部学生が自主的に立案し計画を立て，自らの創意工夫を進めることによって正規の単位が得られる科目「基礎工PBL」を平成12年度より開講している．そこでは，学生諸君に以下のような自律的な取り組みを求め，教官団も積極的にその実行を支援する．

本稿では，基礎工学部での創造教育への取り組みとして，学部教育の中で実施している「基礎工PBL」科目について説明する．

2. 科目創設の経緯

大阪大学基礎工学部および大学院基礎工学研究科は，独立国立大学法人の中で唯一，大阪大学にのみ設置されている学部・研究科として，昭和36年，基礎

工学部は工学部や理学部の枠を越え，「科学と技術の融合による科学技術の根本的な開発，それにより人類の真の文化を創造する学部」という理念のもとに設立された．そのため，自然と人間の調和，次世代の科学技術の開拓に向け，時代の要請に応じて，制御工学科，生物工学科，情報工学科などの新しい学科を新設してきた．

8大学工学部長懇談会において実施が決まった創成型科目について，学部内で約1年間，その具体化を検討した．平成12年度については科目配当が既に済んでいたため，科目の読替えや実施時期などを変えて変則的に行い，平成13年度から本格的に実施することになった．

基礎工学部は工学部と理学部との中間的な学部として設置されたため，幅広い10種のコースがあり，毎年約480名の学生が入学する．そのため，創成型科目を「デザイン型科目」として，すべてのコースで同一内容で一斉実施することは現実的ではないと考えられた．そこで，創成型科目を「各コースを修了した学生が当面するであろう問題を単純化，モデル化したような問題を解決することを体験させることにより，そのコースで学ぶ科目の必要性，得るべき能力について自覚させる」ような科目である，と設計した．そのためPBLの呼称には，Project Based Learning, Product Based Learningなどがあるが，Problem Based Learningとした．

創成型科目を実施する意義については，以下のような当初，幅広い意見があった．

- (1) 米国の産業が即戦力的なデザイン力を重視しているのに対し，日本の産業は，工学の基礎を確実に取得した学生の方が望まれている．
- (2) 日本の大学の入学生は，工学を学ぶ目的意識が薄く，これに対する対応の方が重要である．
- (3) デザイン型科目とすると，工学的な色彩の薄い

平成18年3月9日受付

※1大阪大学大学院基礎工学研究科

表1 創造教育科目と他科目との接続

学年	種別	名 称	担 当	内 容
1	導入	基礎セミナー	実践センター	大学での学習への入門教育
	導入	～科学序説	基礎工学部	学科への入門教育
2	創造	基礎工PBL	基礎工学部	コースに関わる導入型創造教育
3	専門	～論	基礎工学部	コースに関わる専門教育
4	専門	特別研究	基礎工学部	コースに関わる包括型創造教育

コースでは該当しなくなる。

(4) 基礎工学部では2年進級時でコース分けするため、2年生でコースの学習内容を理解させるような科目が必要である。

そこで、表1に示すように、大阪大学実践センター提供の導入科目である「基礎セミナー」、基礎工学部が提供する「～科学序説」という学科と2年次から分属するコースの紹介科目を開講している。大阪大学では、共通教育と呼ばれる、昔の教養部と似た教育が最初の3セメスターの間に実施され、1年生の間には各種の教養教育、専門基礎教育のほか、情報処理教育など少ない専門科目が配置されている。これらの基礎教育は、大学科（それぞれ、2～3の専門コース、従来の定員40～80名の小学科からなる）単位で行われ、2年次進級時に専門コースに別れて配属されることから、PBL科目は2年次に配当することとした。ただし、コースの専門分野に差異が少ない、情報科学科の計算機科学コースとソフトウェア科学コースが1年次で開講している。

3. 様々な基礎工PBL

表2に示すように、コースそれぞれの専門分野に配慮し、科目内容は各コース毎に設定している。そのた

め、以下のような幅広いバリエーションが生じた。これは機械科学のような物作りに則したコースから、数理科学コースのような抽象的な議論を行うコースまで幅広く諸科学分野をカバーしているため、その内容に強い拘束を与えなかったからである。

科目名称には、独自の名称、あるいは基礎工PBLにコースの名称を組み合わせたものにした。

開講時期：1年次、2年次前期、2年次後期

必修選択の別：必修科目、選択科目

テーマの与え方：メニュー選択制、自主設定、教員との協議（ミニ卒論）

学生の構成：個人別、グループ別

グループディスカッション：あり、なし

プレゼンテーション：あり、なし

レポート提出：あり、なし

評価法：教員評価、学生自己評価、学生間相互評価

学生表彰：あり、なし

4. コース別基礎工PBL

4. 1 エレクトロニクスコース

テーマは10数個。下記にその例をいくつか示す。これらの中から2テーマを選び、6週程度かけて1つのテーマに取り組む（2～4人で1班を構成し、協力して当たる）。最後に成果報告（プレゼンテーション）とディスカッション、ディベートを行う。その他、小グループでのコミュニケーションとプロジェクト立案のスキルを学ぶ。

- ・コイン選別システムの設計試作：自動販売機などに利用されるコイン選別、おつりなどのシステムの設計、試作する。
- ・静止衛星打上げプログラムの製作：静止衛星の打ち上げから軌道に乗せるためのプログラムを作成し、さらにその様子をCGで表現する。
- ・ソーラーカーおもちゃを設計、試作し、レースを行う。ソーラーセルは最大個数が決まっている。

表2 基礎工学部各コースで実施されている創成科目の一覧

コース	学期	指定	テーマの与え方	学生構成	プレゼン	レポート
エレクトロニクス「基礎工PBL」	2年後期	必修	6テーマから2つをメニュー選択	グループ（2～4人）	○	○
物性物理科学「基礎工PBL」	2年後期	選択	13テーマから1つをメニュー選択	個人	○	－
合成化学「化学研究入門」	2年前期	選択	10テーマから1つをメニュー選択	個人（グループを設定する場合もある）	○	－
化学工学「基礎工PBL」	2年後期	必修	自主設定	グループ	○	○
機械科学「機械科学セミナー」	2年前期	選択	自主設定	グループ	○	○
電子システム学「基礎工PBL」	2年前期	選択	自主設定	個人（グループを設定する場合もある）	○	－
生物工学「基礎工PBL」	2年後期	選択	自主設定	個人	－	○
計算機科学・ソフトウェア科学「情報工学A」	2年前期	必修	自主設定	グループ	○	○
計算機科学・ソフトウェア科学「情報工学B」	2年後期	必修	自主設定	グループ	○	○
数理科学「基礎工PBL」	2年前期	必修	指定2テーマ	個人	－	○

重さは問わず、速度を競う。

- ・創作折り紙：鶴のような簡単なものではなく、蟹や烏賊のように手足の多い難しい折り紙や、フラワーレン（C60）、サッカーボールなど複雑な構造の折り紙に挑戦、数学以上に頭を使う。立体感覚を養い、感性を磨く。
- ・基本的かつ実用的な電子回路の設計、製作：オペアンプを利用した定電圧電源、トランジスタ増幅回路（低周波、高周波）、フィードバック制御回路（定値、追値）などの回路を自ら調べて設計し、組み立て、調整を行い動作させる。
- ・空中イルミネーション－何もないはずの空間に、様々な文字や図形、アニメーションを表示する方法、原理や仕組み等、自由な発想で実現させる。

成績評価は、出席、学習態度、成果、プレゼンテーション、ディスカッション、ディベート、レポートなどを通じ総合的に評価する。

4. 2 物性物理学コース

まず、PBL科目についての説明とテーマの選択に1週を要し、10～12週で以下のテーマの中から一つを選び自主的に研究活動を行う（平成16年度の例）。最後の1週で研究活動を行って得た成果を他の人に分かりやすく説明すると同時に、他の人の成果発表を聞いて内容に関する議論を行う。成果発表から成績評価する。

- ・磁石と超伝導
- ・色素増感型太陽電池の製作と特性
- ・超伝導・超流動を見てみよう
- ・ブラウン運動
- ・計算機で物質の高圧状態を調べる
- ・半導体で作るガスセンサ
- ・ナノカーボン材料の物性を探る ～ナノチューブ・フラワーレンを中心にして～
- ・光のアート・光の諸性質を測る
- ・パーコレーション物理現象をシミュレーションしよう
- ・光通信
- ・真空を測る
- ・面白炭素工（考）房－御花炭からダイヤモンドまで－

4. 3 合成化学コース

有機化学、無機化学、物理化学、および高分子化学各分野の教員が設定するテーマについて、その背景、目的などを講義したあと、受講生各自がそれに基づいて自ら学習、調査、実験計画の立案、提案を行い、可能ならば研究室での実験実習などを教員の個別指導のもとに行う。これを通して、化学研究を行う上で求められる英語論文を読む力、文献調査、テーマに関連した実験手法、実験データの処理、調査・研究のプレゼンテーション等について学ぶ。各年度のテーマは履修

指導の際、提示するが、提示するテーマは10種類程度を予定しており、受講人数に応じてグループを設定する場合がある。成績評価は、レポート、発表及び出席。

4. 4 化学工学コース

学外コーディネータとして、三菱電機島田彌氏を招聘し、科目内容と教育実践の指導を受けている。講義内容は、学生自身が興味を持っている物質生産・環境・エネルギー分野・その他の身近な問題から解決したい課題を自主設定させる。その課題に対して少人数グループ討議を行って解決の可能性を探り、その結果をレポートにまとめ発表させ、化学工学コースの各教科の勉学の動機づけを行う。主旨説明から始まり、コミュニケーションリテラシー&スキル講義・演習、問題探索のグループ討議と結果の発表、図書館やインターネットを利用した情報検索と収集、問題解決を目指したグループ討議と進捗状況報告、学内学外講師による講義、研究室見学、レポート作成とポスター発表、企業の専門家（島田氏）による指導も含め、グループディスカッション、進捗状況報告、ポスター発表など通常の授業とは全く異なる授業となる。少人数教育により学生と教員との間の密なコミュニケーションが可能で、自立した学生を目指して積極的に参加することを目指す。成績評価は出席、プレゼンテーション、レポート、面接で行う。

平成16年度のテーマ例は、「人体により優しいヘアカラーを提案する」、「新しい太陽光発電を提案する」、「ペットボトル凍結時の安全性を考える」、「プラスチック代替物を提案する」、「最善の洗髪方法を考える（第7回学生発表会西日本地区にて発表）」、「太陽電池を利用する新しい発電システムを提案する」、「折りたたみ可能なペットボトルを提案する」、「光触媒を消臭に利用する」である。

4. 5 機械科学コース

機械科学（非線形力学、機械情報、宇宙機械、生体機械）の中で、最近の話題などを提示し、それらの中で学生が興味を持ち、原理や構造を知りたい、あるいは疑問点を解決したいと思うテーマを、自主的に設定させる。たとえば、H2ロケット、カーナビ、ハイブリッド自動車、人間型ロボット、リモート手術、人工臓器、高機能材料など。教員側の実施手順は以下のとおりであり、成績評価を出席、テーマへの取り組み、レポート、プレゼンテーション等により総合的に評価する。図1に授業風景を示す。

- 1) テーマ毎に受講者を数人のグループに分ける。
- 2) プロジェクト計画を企画させる。
- 3) 各グループに担当教員を置く。
- 4) 問題解決にむけての取り組み方を指導する。（問題と目標の設定、調査方法の例示、学生の役割分担、インターネットの利用、図書検索など）

図1 機械科学セミナー（機械科学コース）授業風景

- 5) 進捗状況を報告書にまとめさせる(レポート指導)。
ポスター、OHPなどによるグループ内中間発表。
- 6) 全グループのポスターによるプレゼンテーション
(展示、ショートプレゼンテーション、院生など含めた質疑)

4. 6 電子システム学コース

具体的テーマについて、講義、演習、調査、実験、解析、設計、発表などを適宜組み合わせた問題解決型の内容とする。具体的には、まず初めに、各教員が提示するテーマを参考にし、自身の興味に基づいて学生が自ら取り組む研究課題を決定し、その研究計画をまとめて教員に提出する。その研究計画書に基づいて、学科の全教員の中から適任者が担当指導教員として選ばれる。学生は、担当指導教員のアドバイスを受けながらテーマを主体的に進め、最後に他の学生や教員に対してプレゼンテーションを行う。割当教員との相談により実施期間は決定されるが、夏季に集中実施することが多い。また学生自らが派遣先企業を獲得できるならば、企業実習、企業インターンについても、本科目において単位を認める。ただしその場合も、プレゼンテーションを行う必要がある。成績評価は、テーマに対する取り組み、成果発表プレゼンテーションなど

図2 電子システム学「基礎工PBL」（電子システム学コース）で学生が自主制作したロボット

を総合的に評価する。図2に学生が自主制作した制作物を、図3に優秀賞の受賞や発表会の様子を公開しているPBLのホームページを示す。

教員は指導、支援を行うが、学生が自らの創意工夫を進めることが肝要のようである。ホームページを介して連絡するので、インターネット環境に頻繁に接しさせ、ホームページで公開している過去の実施状況を参考にさせる。

4. 7 生物工学コース

与えられた講義内容ではなく、自主的に少人数チームとして問題・課題そのものとそれらの解決法を見つけだしていく能力を養うための実験・演習である。生物工学分野の全てのテーマを対象とする。教科書的な問題設定や解法例だけではなく、さまざまな別のアプローチがないかを考えて見ることは、科学の本質に通じる。指導教員は課題の選択と適宜助言を与えるコンサルタントの役割を果たすが、この講義ではあくまでも脇役である。事前に自分が興味を持つ領域・テーマに関係がありそうな教員に相談し、その指導教員とコース主任の許可を得て行う。成績評価は、演習の状況、終了時にレポート提出によって総合的に判断する。

4. 8 計算機科学・ソフトウェア科学コース

全員に対し実施の仕方や方法について説明し、通常は配属された研究室に行き、そこで教員や院生と接触し、課題についてチーム学習する。報告や発表なども行う。成績評価は、成果物についての評価、授業への出席、貢献度についての学生同士の相互評価などを総合する。質問・相談等はメールおよび授業支援システム（コンピュータセンター、図書館、情報処理教育センターが一体化した大阪大学独自の組織であるサイバーメディアセンターが、全学に提供しているWebCTコースウェアなど）にて随時受け付ける。自ら進んで積極的に取り組んでいくことが必要である。1年次後期では主に議論の仕方、レポートの書き方・発表の仕方を体得させ、高校までの学習スタイルからまず脱却させる。その後、2年次で特定のテーマに取り組ませ、

図3 電子システム学「基礎工PBL」基礎工PBL（電子システム学コース）のホームページ

大学における学習スタイルに馴染ませる。以下にその課題例をいくつか挙げる。

- ・対戦ゲームのアルゴリズム設計とプログラム作成および実地評価
- ・初心者のための情報技術講座の設計
- ・仕様策定を含むプログラム設計と作成
- ・情報分野の先端技術やシステム実現事例の調査

4. 9 数理科学コース

まず、高校数学や大学1年生で学んだ数学をMathematicaなどの数式処理ソフトウェアを用いて再現させる。プログラミングとグラフィックスを通じて数学を視覚的にとらえさせる。次に、新聞・雑誌などにあふれるデータをExcelやStatisticaなどの統計ソフトウェアによって解析させる。パソコンと統計ソフトウェアを用いてデータ解析し、今何が起きているかをデータに語らせる。成績評価は、積極的な取り組みの様子や提出されたレポート提出による。

5. おわりに

創造教育科目の評判は受講生の間では非常に良い。化学工学コースで実施した自己・相互評価に対するアンケート調査の分析では、コミュニケーションリテラシー&スキルの講義、ならびに、小グループ討論での学生による自主的な課題設定から、自分自身のテーマについてよく考えているようである²⁾。さらに自己評価・相互評価を実施することにより、全体としては、1)学生の間に適度な緊張感が得られるばかりでなく、個人レベルでは2)他人の中の(他人と比較した)自分を見直すきっかけとなり、3)他人に指摘された盲点、あるいは自分自身が認識した欠点を自律的な動機付けにリンクさせて考える学生の育成に繋がっている様子も窺える。

PBL科目を履修した学生はその後の専門課程における講義・学生実験において、従来の学生とは異なる印象を持つ、との意見も一部の教員から聞かれる。例えば、学生実験等では、実験に対する意欲も高い、意見(建設的な意見あるいは異論)を堂々と述べる、などの意見も聞かれている。学生の自律的な動機付け・活性化の一助となっているものとも考えられ、少なくとも学生が潜在的にもつ意識を喚起する役割は果たしていると考えられる。

また、これらPBL科目は一人の教員が担当するのではなく、コースの教員団が担当する(多くのコースではコース全教員が分担する)ため、科目内容の設計・更新、アンケート調査の分析の協議すること自体が、教員団のファカルティデベロップメントにつなが

っていることは大変良い副作用である。

前述のように受講生側の評判は極めて良い。優秀な活動に対して表彰を行うコースもあり、学生のよい動機付けに役立っている。しかしながら、逆に教員側の評判はそれほどよくない。例えば、この数年間での実施において、

- 1) 受講生数に比較して、投入しなくてはならない教員数が多い
- 2) 教員毎にも多大な負担がかかる
- 3) 演習に必要な資料購入費の手当て
- 4) 公正公平な評価
- 5) グループ演習に適した教室(大セミナー室、小セミナー室等)がない
- 6) 選択科目の場合に、負担を気にする学生が多く、受講者数が想定ほど多くない、

というような問題点が教員の多くより指摘されており、いずれも容易に解決できない点を含んでいるからである。特に、独法化により管理業務が膨れ上がっている旧国立大学の教員にとって、一般科目、学生指導深刻である。解決すべき問題は山積しているが、創造教育科目を通じて一人でも多く「元気な」学生を輩出していきたいと基礎工学部では考えている。

参 考 文 献

- 1) 電子システム学コース「基礎工PBL」ホームページ, <http://www.sys.es.osaka-u.ac.jp/sch/PBL/2005/index.html>
- 2) 久保井亮一, 島田 彌, 江頭靖幸, 海老谷幸喜, 紀ノ岡正博, 高橋英明, 佐藤 博, 馬越 大, 白石康浩, 芝 定孝: テーマの自主設定に特に注力した化学工学系2年生へのPBL教育とその効果, 工学教育, 53-4, 18-22 (2005)

.....

著 者 紹 介

佐藤 宏介

大阪大学大学院基礎工学研究科
システム創成専攻システム科学領域
教授(基礎工学部教務委員長)

1983年3月大阪大学基礎工学部制御工学科卒, 1985年3月同大学院基礎工学研究科修士課程修了, 1986年大阪大学基礎工学部助手, 1988-90年カーネギーメロン大学ロボット工学研究所客員研究員, 1994年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教授, 2003年大阪大学大学院基礎工学研究科教授, 現在に至る