学生のイノベーション力を伸ばす プロジェクトデザイン授業

“Project Design” Program for Strengthening Student’s Abilities of Innovation

新 聖子^{※1}
Masako SHIN

宮崎 慶輔^{※1}
Keisuke MIYAZAKI

坂本 宗明^{※1}
Mune-aki SAKAMOTO

千徳 英一^{※1}
Eiichi SENTOKU

岩田 節雄^{※1}
Setsuo IWATA

Kanazawa institute of technology hold a series of “Project Design” courses to enhance student’s innovation ability to conduit a best-fit solution for actual problems with team-based working. Through the Project Design courses, students will obtain problem solving skills and how to use knowledge they already have. In this paper, we describe innovation skills gained through the Project Design courses with concrete examples of student activities.

Keywords : Design Project, Innovation Skill, Cycle of Problem Solving

キーワード：プロジェクトデザイン, イノベーションスキル, 問題解決サイクル

1. はじめに

これまで、日本はものづくりにおいて世界を席巻してきた。しかし、近年は製造技術や品質を著しく向上させてきたアジア各国の勢いが増し、その影響に悩む日本国内の企業が、生産拠点を海外に移したために国内の雇用機会が減少するなど、産業の空洞化が生じている。一方、新しい動きとして、工場を海外に移転した企業において以前より国内雇用を増加させている例がある。これらの企業は開発した技術を海外生産に展開し、生産による利益を日本に還流させ、さらに開発に力を注ぐことで正の循環を実現させた。このような動きからも、産業界では新技術および新製品の開発ができる人材の需要は益々高まり、これからの将来を担う若い技術者には、革新的なモノを創り出す能力を身につけることが強く求められるようになってきた。

求められる開発能力とは、マニュアルどおりにものを作る能力や顧客を無視して改善を極める能力のことではない。他国の追随を許さないようなモノを創り出す能力、また、社会システムや顧客の生活を変えてしまうような革新的な製品を作り出す能力、すなわち「イノベーション力」のことである。

「イノベーション力」を発揮するためには、それを支える技術と能力、すなわちスキルが必要である。スキルは、知識の習得と理解を主眼とする講義形式の授

業ではなく、プロジェクト活動のような体験型の授業から体得できるものである。教育の場においても学生にイノベーション力を習得させる必要性は理解されるが、講義形式の授業を中心としたカリキュラムにイノベーションに関する授業を導入するには多くの問題点が考えられる。

本論文では、このような問題点を解決する授業として知識教育と実技教育を融合させるプロジェクトデザイン（Project Design：金沢工業大学が実施する科目名称、以下文中ではPDと略す）教育の学習サイクルを提案する。また、この学習サイクルによって、学生がいかにしてイノベーションスキルを身につけ、「イノベーション力」を伸ばしていくのかについて、実践例をもとに検証する。

2. プロジェクトデザイン(PD)の学習サイクル

教育には、大きく分けて知識教育とスキル教育（実技教育）がある。知識教育は、その分野に必要な知識を習得させるものであり、スキル教育は、情報の収集方法やアイデアの創出方法、レポートの作成方法などの能力すなわちスキルを習得させようとする教育である。言い換えると、スキル教育は各種の手法を習得して「～のことができる」となる能力の育成教育といえる。スキル教育は、繰り返しトレーニングが必要なことから知識教育とは異なる。また、知識は言葉で説明できるが、スキルは実技試験のように実施してみないと説明できない面で異なる。

2014年10月21日受付

※1 金沢工業大学基礎教育部

図1 金沢工業大学における初年次からのプロジェクトデザイン教育

図1に金沢工業大学が実施しているPD教育の全体像を示す。PDは科目群として構成されており、大学初年次から2年次までの能力育成を主に実技教員（図中の基礎実技教育課程の教員）が担当する。2年次のPD IIとPD実践では、専門教育への接続と卒業研究に相当する4年次のPD IIIの活動に繋がる科目としての意識付けを含め、各専門課程の教員との連携による授業運営を行い、学生のモチベーションの高揚を図っている。なお、これらPD科目には、実際の開発の流れ（後述のデザインプロセスと呼ぶもの）を取り入れている。

モノを開発しようとする場合、知識とスキルの両方が必要である。最近は電子計算機器の処理能力向上により、さまざまなシミュレーションが可能になってきただけでなく、3Dプリンターの登場に代表されるように材料を加工する工作機械も、より高度な能力を持つようになってきた。機械がアイデアを自発的に創出する域には達していないが、人間の技能や解析力は加速度的に機械にとって代われようとしている。従って、これからの人間の役割は、機械にはできない新しいモノの創造であり、イノベーション力が求められる。そのイノベーション力は、知識とスキルを融合させ、コントロールすることによって生まれる。

図2にPDの学習サイクルを示す。この学習サイクルは、下部を環流する「知識習得サイクル」と上部を環流する「問題解決サイクル」が、中央に示されたPD授業でのチーム活動で融合するようになっている。問題を解決するためのこの流れをコントロールするのが全体を包み込んでいる欲求たる「要望」の問題意識である。プロジェクトチームは、興味のある「問題」を何とかしたいという要望をもとに取り組む。当然、問題を解決するためには知識とスキルが必要である。

図2 プロジェクトデザインの学習サイクル

プロジェクト活動に必要な「知識」は、知識習得サイクルの中で学生が自学自習の予習復習によって獲得するものであるが、PDの学習サイクルの中では、企業出身の実技教員からの実務経験豊かな知識も必要に応じて得られる環境を提供している。また、専門教員からの理論や知識も得られるようにしている。

問題解決のスキルは、学習サイクルの過程で「問題を発見」し、「問題を明確」にし、「解決案を創出」し、「具体化」する各段階から習得する。試作などに要するスキルは、工作を支援する施設（本学の夢考房）において技師の助言から習得する。PDでは、これらのスキルを習得する過程を「デザインプロセス」と呼ぶ。

通常、イノベーションを生じさせるためには、知識習得サイクルと問題解決サイクルを繰り返す、チーム活動で解決策の検証を行うことが必要になる。検証に際しての検討をここではイノベーションフィルターと呼び、チームで創出した複数の解決策を次の視点で再考し、アイデアを練り上げていく。

- (1) その解決策が社会や生活をどのくらい変貌させる可能性があるか。
- (2) どのような顧客価値があるか。
- (3) どのような新しい市場を生み出せるか。

以上のようにイノベーションを生み出すデザインプロセスに含まれるスキルを、ここでは、「イノベーションスキル」と称する。

3. プロジェクトデザイン授業の概要

PD授業では、学生らに「プロジェクトは、チームを組み、社会や自分たちの身近な問題に着目し、それを解決するための組織を構成し、アイデアを出しあい、複数の解決策の中から最善の具体策（デザイン）を期限内に導き出す活動」と説明をしている。

図3に学習の流れとデザインプロセスを示す。このプロセスは、問題を解決するためのスキルを含む重要な過程であり、表1に示す6段階で構成される¹⁾。

図3 学習の流れとデザインプロセス

表1 6段階構成のデザインプロセス

段 階	概 要
段階①	問題を見つけ出す
段階②	問題に関係する情報を収集・分析し、問題点を明確にする。
段階③	解決の目標となる要求仕様を決める。
段階④	要求仕様を満足できる多くのアイデアを創出する。
段階⑤	多数のアイデアの中から問題を解決できる最良のアイデアを評価・選定する。
段階⑥	アイデアを現実のものとするために、材料、構造、寸法などから具体化を行い、創出したアイデアが実現できることを示す。

プロジェクトデザインで最も特徴的な部分は、段階①の「問題を見つけ出す」ところにある。問題とは、現実の状態と目標とする理想の状態とのギャップをいい、このギャップに気づき、何とか解決したいと思うことで初めて「問題」として認識される。

4. プロジェクトデザイン授業の実施例

次に、PD IIとPD実践の授業実施例について紹介する。PD IIとPD実践は2年生が受講する科目で、1年間同じチームでの活動となる。前期のPD IIでデザインプロセスの段階①～⑤を、後期のPD実践で段階⑥に取り組む。このPD II・実践は、世界の工学教育で注目されている Conceive（考えだす）→Design（設計する）→Implement（行動する）→Operate（操作・運営する）という「CDIO」の手法²⁾に対応しているが、本学ではさらにイノベーション力を実践的に身につける授業としている³⁾。

紹介するチームのプロジェクトテーマは「発電効率のよい風車」で、メンバーは機械工学科の2年生5人である。このチームは、自分達が興味を持った自然エネルギーを利用する風力発電に着目し、その発電効率を高めることを目標として活動を進めた。段階ごとの活動状況について以下に示す。

1) 段階①問題を見つけ出す

エネルギー問題に取り組もうと考えた彼らは、最初に発電方法としての原子力、火力、水力の現状を調査

し、将来的にはそれぞれに大きな問題を抱えていることを明らかにした。そこで、これからの理想的な発電方法として自然の力を利用するクリーンエネルギーに注目した。その中でも特に発電効率が悪いと言われている風力発電に着目し、「発電効率が悪い」という問題に取り組むことを決めた。

2) 段階②問題点の明確化

陸上風力発電の効率の悪さについて、彼らは文献調査を進めた。その結果、風力発電装置は、風速12m/sというかなり強い風でないと回り始めないこと、風向きが変わるため常に回転するわけではないことを突き止めて問題点を明確にした。そこで、弱い風でも、また、どのような風向きでも発電できる風力発電装置を考えることをテーマとし、目標を設定した。

3) 段階③解決の目標となる要求仕様

山間部や海沿いに設置されている風力発電装置は、高さが65m、羽の大きさが35mと規模が大きい。しかし、チームで製作できる大きさには限度があることから、電力を使用する対象を信号機と設定し、図4に示すような風力発電装置の要求仕様を検討した。

4) 段階④⑤要求仕様を満たすアイデアの創出と選定

彼らは、文献やインターネットで調査して収集した資料を参考にしながら、要求仕様を満足する図5に示すような風力発電装置のアイデアを独自に考え出した。いずれも微弱な風に対応するための機構を持っている。

図5 チームが創出した風力発電装置

図5中のIDEA5は、従来のサボニウス型風力発電装置に縦・横方向に回転機構を組合せた機構である。少しの風、ならびに全方位の風にも対応できるものとしてチームの最良のアイデアとして選定し、PD IIでの活動成果としてアイデアの具体案を作成した。実際に学生が具体化の検討の際に描いたスケッチを図6に示す。

5) 段階⑥アイデアの具体化と検証の実施

チームは、後期に開講されるPD実践までの2か月

図6 具体化した風力発電装置のスケッチ

図7 具体化した風力発電装置

図8 尾翼を取り付けた風力発電装置

ほどの夏期休業中に、図6に示した具体化案を大きく見直した。図7に再考した具体化案を示す。回転機構は変化していないが、風を受ける羽の形状を変えて風を受ける羽の形状と枚数を変えている。

図7による装置は、手で回すと縦横方向に自在に滑らかに回転させることができたが、風を当ててみるとうまく風の方向に向かないことがわかった。そこで、尾翼をつけてみることにした。当初小さな尾翼を取り付けていたが、効果が認められなかったため、最終的には図8に示すようにかなり大きくした。さらに、装置のバランスを取るよう前部にカウンターバランスを取りつける工夫を行っている。

発電量の検証は、図9に示すように扇風機を用いた風洞から風を送って羽の回転数を計測することで行っている。当初、電圧と電流の測定値から計算していたが、羽の回転数と電力量の関係を見出して以降、検証方法を変更した。

図10に発電の検証結果（彼らのレポートから抜粋したもの）を示す。検証の結果、図9中の（1-a）の

図9 風力発電装置の発電機能の検証実験

図10 発電量の検証結果（レポートから抜粋）

ように水平方向からの風に対しては、高い回転数が安定して得られたが、尾翼側の斜め上（5-a）（7-a）からの風に対しては尾翼が下方方向に回転して枠にあたるなど、風が羽に対して平行になり上手く回らなくなった。

この結果についてチームは、このような後ろ側から吹き下ろし、あるいは吹き上げの風の条件があっても、その後は風の方向に装置が自然に回転して発電機能が回復するので大きな問題ではないと判断している。

PDでは、教員はファシリテーター（進行の世話役、タイムキーパー的役割）に徹し、一方的な指示を与えたりはしない。ここで示したチームの活動例においても、教員側からの誘導的な指示等はなかった。困難に直面しても、メンバー全員が嬉々として原因を探り出し、アイデアを示し合い、課外であるにもかかわらず発電装置を身の回りの材料で作り上げて具体化し、検証を進めていた。前期に活動していた時には、インターネットで調べた既存の風車の形から抜け出すことができなかったが、夏期休業を経て、後期に入ると思い切って構造を変化させ、効率のよい風力発電装置を作り上げた。既往製品の枠から飛び出し、新しい発想を生むためには、アイデアを熟成させる期間も必要な要素であったと言えよう。

プロジェクトの目標の通りに彼らのアイデアをLED信号機に適用するならば、送電線設備が不要となる。その結果、災害時に一般の電力供給が止まったとしても、LED信号機は正常に作動し続けることで、交

通の安全が確保できるという変革を生む。これまでは、非常用ディーゼル発電機、燃料、保管設備などが必要であったが、大型の設備も不要になることを考えると、これは信号機の給電イノベーションと言えよう。

ここで示した実施例のように、学生のイノベーション活動を支えるため、授業ではPD教育の基本的な考え方のもと次章で紹介する多くの工夫を取り入れている。

5. イノベーションスキルを伸ばす授業の工夫

5.1 プロジェクトデザイン教育の基本的な考え方

PD教育は、習得した知識の量を評価するのではなく、人間力・自学自習力・問題発見解決力を評価する教育である。実社会で役立つ思考方法と行動力を身につけることを教育目標に掲げ、常に自ら考える習慣の訓練を積むことのできる授業形態をとっている。そのため、PD教育を担当する教員らは、以下に示す基本的な考え方のもとで授業を実施している。

(1) 考えることの重要性を認識させる

学ぶ姿勢を受身から能動的なものとするため、授業では学生が興味のある身近なことを対象にテーマを設定させている。自分達でテーマを設定させるのは、興味のあることへの勉強は苦にならないためである。ここから、考えることと必要な調査を繰り返し、工夫してアイデアを出し、実験し、最後に考察を加えてレポートとプレゼンの形で報告をする。このプロセスから学生らは、知識と知識の組み合わせが知恵に変化することを実感し、考えることの重要性を知るようになる。

(2) 物事をよく考えるようにさせる

PD活動の中で、教員も「おもしろい」と感じている姿勢を見せることで、学生もより興味が湧いてよく考えるようになる。興味をもって勉強した内容は記憶に残り、理解した知識は応用がきくようになる。「基礎学力+遊び心」の柔軟な考え方から、新たな発見や発想が生まれてくる。

(3) 大切な3つの「気」

PD授業では、学生が少しでもできれば褒める教育を実践している。まず、学生に興味を持たせて「その気」にさせると、褒めて「やる気」を引き出し、そして、高い評価で「ほん気」にさせるよう努めている。

5.2 プロジェクトデザイン授業の具体的な工夫

(1) 専門教員とのコラボレーション

2年次に進級すると学生らは、自分の属する学科(専門)の分野で興味のある問題に取り組みたいと思い始める。そこで、PDⅡとPD実践を各専門課程の教員とのコラボレーションによって、学生の気持ちに沿える環境をつくり、モチベーションの高揚を図っている。

基礎実技と専門教員との協同について、学生からは「基礎と専門の複数教員からいろいろな視点からの意見を聞くことができてよかった」、「専門の教員がいる

ことで専門の内容についての相談がしやすくなった」などの感想が寄せられている。

(2) 毎週のノート課題の設定

大学教育は単位制度を基本とし、45時間の学修量を必要とする内容をもって1単位と定めている。このため、PDでは毎週ノート課題を設定している。講義内容を書き取るノートとは異なり、PDにおけるノート課題は、よく考えて書くという習慣をつけるのに非常に適した課題である。多様な履修歴を持つ初年次生の多くは、これまでに自分の考えをノートに整理しながら書くことの経験が少ないため、PDを通じて、「自分なりの考え」を入れながらノートを書くことを学ぶ。本学では、ほぼ全ての学生が翌週の授業までに2ページ以上のノート課題をやり遂げてくる。教員は、対面で行っている出席確認の際にノートの内容について質問やコメントをすることによって学生のやる気に刺激を与えている。教員によるノートの確認があることで、その後の学生らの活動も活発になる。

授業アンケートにおいても、「ノートを書くことで問題点に気付くことができた」、「ノートが自分のテキストになった」などのノート課題の良い点を述べている。

(3) 文献調査の実施

PDでは、自分で考えるための知識を自分で獲得する必要があることから、必ず文献調査を実施している。物事を深く考えることや調査の経験が少ない1年生には、初回に必ず図書館の利用を条件としたノート課題を設定し、資料の検索から経験させている。しかし、テーマによっては、求めている内容そのものの図書がない、もしくは、探しだせないという場合がある。そのため、最近はインターネット検索のみに頼ろうとする学生が増えてきたが、その場合も情報の信頼性も含めて調査方法の指導を行うようにしている⁴⁾。

(4) 仮説を検証する実験環境

実験や試作は、アイデアの段階で立てた仮説が実現性のあるものかを検証するものである。必要な道具や基本的な機材はPD授業専用の実験室で貸出を行っている⁵⁾が、材料は学生らによる持ち寄りとしている。PDでの実験・試作は、図11に示す実験室で複数チームが同時に実施する(開講クラスごとに100~300名が一斉に活動)。学生らは、他のチームの実験内容から刺激

図11 実験室における活動の様子

図12 PD実践における口頭発表会の様子

を受けて自分達の検証方法を見直すなど、新しい発想を生みつつ活動を進めることができる。

(5) 口頭発表会の開催

PD実践では、プログラムを組んで活動結果の口頭発表を行っている。その様子を図12に示す。順番を待っている学生らは、他チームの発表を聞き、質疑応答に参加するだけでなく、聴講レポートにおいて、「あなたが顧客または関係者なら、このチームのアイデアを購入するか。」という問いに回答する。それによって独善的なアイデアの良さだけでなく、それが「顧客（ユーザー）の要望」に答えるものになるかという実現性までを考えさせている。

(6) ポスターセッションの開催

PD実践では、口頭発表会とは別に公開ポスターセッションも開催している。学外から来訪の見学者もいるので、学生全員が正装をしてプレゼンテーションを行う。ポスターの前には試作品を展示して見学者がより理解できるように工夫するチームもあり、プレゼンテーションの効果を高めている。また、プレゼンテーションスキルを含めたポスター投票を行い、ベストポスターを表彰することで学生のモチベーションを高める工夫を実施している。

(7) チーム活動とリーダーシップ

チーム活動では、各メンバーにリーダーの役割を順に担当するよう指導しており、一人ひとりがリーダーシップとはどういうものかを体験する。ただし、リーダーシップは全員が発揮できるものでもなく、チーム活動を苦手とし、リーダーを補佐するほうが得意という学生もいる。PDの活動では、アイデアを出す、プレゼンテーションをする、レポートを作成するなどの活動の段階を複数設けていることから、チーム内での話し合いによって個々のメンバーの得意分野を認めた上で、段階ごとに適したリーダーを選ぶなどの工夫も組み込んでいる。

6. プロジェクトデザイン実践における教育効果

本学では、カリキュラムを刷新した「新しいプロジェクトデザイン教育」を2012年度入学生から展開し、翌年、初年次から2年次までの4科目（PD入門・Ⅰ・Ⅱ・実践）を一巡したところである。

図13 PD実践における授業アンケート結果

2013年度のPD実践における授業アンケート（履修者計1,659人、293チーム）を図13に示す。その結果、96%の学生がこの科目に「満足している（27%）」「まあ満足している（69%）」と回答、PDで身につく能力を理解できたかという設問に対しては約91%が理解できたと回答し、科目の意図を理解し、総じて肯定的に受け止められていたことが確認できた。

自由記述では、「物を創造するプロセスを集団で学べる良い授業だと思う」、「技術者として社会に出るために必要なことを学んだ」といった意見の他、「自分で考え、チームに伝え、みんなで協力し、1つのものをつくるということが、とても楽しく素晴らしい時間だったと感じた」、「今までのプロジェクトデザインの総括として、しっかりとできたと感じた」等、1年間のチーム活動を遂げたことへの達成感や自己成長を挙げる文章が多く寄せられた。なお、2年次科目では、教員の多くが1年間同じチームを担当する。チームの活動に同じ教員が長く関わるため、互いの信頼関係も構築されて学生らの内面の成長に働きかける効果も生じていたものと推察される。

初年次からの連続したPD教育によってアイデアを効率的に形にする基本的なプロセスの習得以外に、チーム活動やコミュニケーションなどの能力の向上についての自己成長を認識させる教育効果が確認された。

教員の所感ではあるが、PD実践では多くのチームが、自分達で考えたアイデアを何とか形にしよう・機能の有効性を確認しようと創意工夫し、活動を楽しみながら取り組んでいた。また、1年間の活動によってメンバーの結束力の高まりも感じられ、プロジェクトを進めるための調査能力や思考能力だけでなく、チームでものごとを成し遂げる難しさと楽しさを体得してくれたものと思われる。

7. 今後の課題

PD授業では、問題を解決するためのスキルを示し

ているが、チームで問題解決方法を考えるためには、やはり知識が必要である。知識は、学生各自が予習課題で知識や情報を自学自習して習得することが基本である。しかし、担当教員の適切なアドバイスも重要である。この場合、基礎と専門教員とのコラボレーションは、適切な知識を獲得して問題を解決する助けになる仕組みと考えられるが、PD教育を通じてスキルを磨き、イノベーション力をより伸ばすためにも、どのように授業を協働で運営していくかが今後の課題である。

8. おわりに

本学は「KITイノベーション力」教育システムをもって世界水準の教育を実践し、グローバル人材を目指すカリキュラムおよび教育環境の全体像を公表している⁶⁾。この教育システムには、3年次の「専門ゼミ」および4年次の「プロジェクトデザインⅢ」も含まれ、プロジェクトデザイン教育が本学の教育の支柱として位置づけられている。今後も、初年次からのプロジェクトデザイン教育を推進し、イノベーション力の高い学生を育てていきたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 千徳英一, 岩田節雄: プロジェクトデザインⅠ・Ⅱ チームラーニングで新しい価値を創造する 2, 共立出版, 2014
- 2) CDIO Organization: Worldwide CDIO Initiative, Webページ, <http://www.cdio.org/>, 参照日:

2014-3-31

- 3) 千徳英一: 学生の創造性とイノベーションのスキルを伸ばすPBL授業, CDIOアジア地域会議, Webページに公開の発表スライド資料, <http://www.kanazawa-it.ac.jp/cdio/index.html>, 参照日: 2014-3-31
- 4) 宮崎慶輔, 新 聖子, 千徳英一: 創造実験の実験計画の策定における特許情報の活用, 工学教育, 62-4, pp.59-63, 2014
- 5) 千徳英一, 岩田節雄: プロジェクトデザイン実践 チームラーニングで新しい価値を創造する 3, 共立出版, 2014
- 6) 金沢工業大学: KITの「イノベーション力」教育システム, Webページ, <http://www.kanazawa-it.ac.jp/innovation/index.html>, 参照日: 2014-9-1

.....

著 者 紹 介

新 聖子

学 歴 金沢工業大学大学院 工学研究科
博士後期課程 (建築学) 修了
学 位 博士 (工学)
現 職 金沢工業大学 基礎教育部
基礎実技教育課程 講師
専門分野 工学教育, 建築環境工学
所属学会 日本工学教育協会, 日本設計工学会,
日本建築学会, 日本環境管理学会