

## 論文

# 地域の課題を解決するエンジニアリング デザイン教育

井山 徹郎<sup>1,2</sup>・外山 茂浩<sup>1,3</sup>・床井 良徳<sup>1,4</sup>・土田 泰子<sup>1,5</sup>

桐生 拓<sup>1,6</sup>・池田 富士雄<sup>1,2</sup>・赤澤 真一<sup>1,7</sup>・村上 祐貴<sup>1,8</sup>

<sup>1</sup> システムデザイン・イノベーションセンター (System Design Innovation Center, NIT, Nagaoka College)

<sup>2</sup> 機械工学科 (Department of Mechanical Engineering, NIT, Nagaoka College)

<sup>3</sup> 制御工学科 (Department of Electronic Control Engineering, NIT, Nagaoka College)

<sup>4</sup> 電気電子システム工学科 (Department of Electrical Electronics System Engineering, NIT, Nagaoka College)

<sup>5</sup> 一般教育科－英語 (Liberal Arts-English, NIT, Nagaoka College)

<sup>6</sup> 一般教育科－保健体育 (Liberal Arts-Physical Education, NIT, Nagaoka College)

<sup>7</sup> 物質工学科 (Department of Materials Engineering, NIT, Nagaoka College)

<sup>8</sup> 環境都市工学科 (Department of Civil Engineering, NIT, Nagaoka College)

## Engineering Design Education for Regional Challenges

Tetsuro IYAMA<sup>1,2</sup>, Shigehiro TOYAMA<sup>1,3</sup>, Yoshinori TOKOI<sup>1,4</sup>, Yasuko TSUCHIDA<sup>1,5</sup>,  
Taku KIRYU<sup>1,6</sup>, Fujio IKEDA<sup>1,2</sup>, Shin-ichi AKAZAWA<sup>1,7</sup> and Yuki MURAKAMI<sup>1,8</sup>

### Abstract

Recently, cross-sectional education is required for cultivation of engineers who can be active in multiple fields in addition to the professional expertise and skill attached importance in conventional engineer education. National Institute of Technology, Nagaoka College has started a new subject called “Engineering Design Exercise (EDE)” for 1<sup>st</sup> grade advanced course students since 2013. Same design themes of the EDE in 2014 and 2015 were set to as development of teaching material using the LEGO Mindstorms for junior high school. The both results of the questionnaire is compared and considered in this report. From the result, it was cleared that: The difficulty level of the design theme improved for the students. The temperaments of participated students in 2014 and 2015 were not different. Over the 90% of the students received them satisfaction through participating the EDE.

**Key Words :** *Engineering Design Education, Active Learning, Cross-sectional Education, PBL*

### 1. はじめに

科学技術の急速な進歩と産業のグローバル化に伴

い、わが国の技術系の高等教育機関には、エンジニアリングデザイン能力を涵養する教育プログラムの改善が必要不可欠、且つ、急務となっている。その

ために大学，高等専門学校をはじめとする各教育機関においては様々な取組みが試みられている<sup>1)~4)</sup>。長岡工業高等専門学校（以下，本校とする）においても，これらのエンジニアリングデザイン能力を涵養するための教育科目として，H25 年度より専攻科特別実験の前期 15 週にエンジニアリングデザイン演習を設け，PBL 型のアクティブラーニングとして実施している。エンジニアリングデザイン演習は決められたデザインテーマに沿って PDCA サイクルに基づいたグループワークを行う内容であり，H25 年度のデザインテーマは「青少年のための科学の祭典」出展プランニングであった。ただし，デザインテーマが容易である等の意見もあり，H26 年度以降は地域共生を掲げ，地域の企業，教育機関等が抱える問題をデザインテーマとして設定することにした。H26 年度からは，中学校技術家庭の教材開発に関するテーマを継続実施している。それに加え H27 年度は，コンクリート構造物の施工管理技術に関するデザインテーマを実施している。本報では H26，H27 年度のエンジニアリングデザイン演習の実施内容および各種アンケート結果について比較分析することで，本校におけるエンジニアリングデザイン教育に関する評価と，デザインテーマの難易度について検討を行う。

## 2. エンジニアリングデザイン演習

### 2. 1 演習の実施形態および教員の指導体制

本校におけるエンジニアリングデザイン演習（本報では以降EDEと記す）は，専攻科1学年の全専攻を対象として，専攻科特別実験の一部として実施している。実施期間は前期の15週で1回当たりの演習時間は3時間，すなわち全45時間で構成される。表-1に担当教員の主たる役割を示す。EDEを担当する教員は本校の各専攻に所属する複数名の教員で構成されており，担当教員は主担当と副担当に分かれ，後述するファシリテーション教育や各演習のとりまとめ，レポート評価などを主担当が，PDCAサイクルに基づいたグループワークの進捗確認や作業内容の評価を副担当が行うようにした。

表-2に第1週から第15週までのそれぞれの授業内容を示す。EDEではまず，グループワークを達成するために必要となるチームワークや，学生ごとに異なる意見をまとめ上げるための合意形成法など，エンジニアリングファシリテーションによる会議法を身につけるための講義形式の授業を行った。その

表-1 EDEを担当する教員の役割

	人数	内容
主担当	1	演習の総括，ファシリテーションの講義，レポートおよび課題の評価
副担当 (グループ担当)	4	グループワークの進捗管理(朝礼，終礼)，各グループへの助言，工程表と日報のチェック

表-2 全15回のEDEの内容

週	内容
1	ガイダンス，グループ分けとアイスブレイク 1，エンジニアリングファシリテーションによる会議法
2	エンジニアリングファシリテーションによる合意形成アイスブレイク 2
3	企画立案のステップとは？，現状分析・企画コンセプト立案作業
4	企画立案のステップとは？デザインテーマの説明，現状分析・企画コンセプト立案作業
5	企画立案作業
6	企画立案作業
7	企画発表会
8	PDCA サイクルに基づく試行
9	PDCA サイクルに基づく試行
10	デザインレビュー，PDCA サイクルに基づく試行
11	PDCA サイクルに基づく試行
12	PDCA サイクルに基づく試行
13	最終試験，実装，最終評価
14	成果発表会準備
15	成果発表会

後，PDCAサイクルに基づいたグループワークを行い，間にデザインレビューを挟んだのち，成果発表会にて成果物の報告を行った。

### 2. 2 EDEの授業構成

本節ではH26，27年度に実施した中学校技術家庭科の教材開発を例に，EDEの授業構成を説明する。

**2. 2. 1 アイスブレイク** EDEに参加する学生は初回の講義において，ガイダンス終了後に4～5名で構成されるチームに分けられる。チームメンバーの構成は教員側であらかじめ決めておき，各チームの学生の出身学科に偏りが出ないように調整した。チーム分けを行った後，チームビルディングの一つであるアイスブレイクの演習を行った。アイスブレイクは異なる内容のものを第1週と第2週のときに実施し，それぞれの内容は第1週が多関節ロボットアームを用いた積み木立て競争，第2週目が

LEGO-Mindstormsを用いた自立するLEGOタワーの高さを競うというものである。図-1(a)(b)にアイスブレイクの様子を示す。これにより学生達は面識のない学生同士でチームを組んでも、短時間で打ち解けられるということを演習を通じて体験できる。

**2. 2. 2 ファシリテーション技能および合意形成法の習得** アイスブレイクを用いたチームビルディングを学んだ後、異なる意見をまとめ上げるための合意形成法についての講義を行った。ここでは代表的な合意形成技法であるシールアンケート法、意思決定マトリクス法、メリット・デメリット法、ペイオフマトリクス法について紹介し、各チームごとにあるテーマについて議論してもらい、実際にこれらの合意形成法を用いて、チームの意見をまとめ上げる演習を行った。演習内容は「もし高専への入学を考えている中学生へおすすめるならどの学科？」というテーマを例として提示した。図-2(a)(b)に合意形成法の演習の一例を示す。演習ではまず初めに各グループごとにアジェンダを定め、ファシリテータの主導のもとグラフィッカー、タイムキーパー、プレゼンターといった役割分担をし、学生同士でチーム内で議論を進めるようにした。これらの演習を通じて参加学生は論理的な思考に基づいてチーム内で合意を形成するというファシリテーション技能を身に付けることができる。

**2. 2. 3 デザインテーマの開示、説明および調査分析、コンセプト立案** ファシリテーション技能を習得した後、参加学生はH26、H27年度のデザインテーマである「LEGO マインドストームを用

いた中学校・技術分野「プログラムによる計測・制御」の教材開発」を提示される。デザインテーマの提示の際には主担当の教員は、中学校の教材を開発する背景やねらいなどは一通り説明するが、何をどこまで作成するかは各チームごとに一定の裁量を持たせた。例えばH26年度では、必ず作成する必要がある教材は①指導計画、②LEGOマインドストームを使った教材、③中学生用のテキストの3つとし、これに加えて教員用に教材を用いた場合の生徒の成績評価基準などをオプションとして別途作成してよいとした。

次に、学生は提示された教材開発の第一歩として、市場の分析調査を行う。ここでは実際に長岡市で使用されている教科書を見ながら、インターネットや文献を調査することで対象、利益、競合内容の調査分析という流れで調査を行った。実際に学生達が調査した対象の例を以下に示す。

・対象の調査分析

- (1) 文部科学省，中学校学習指導要領
- (2) 国立教育政策研究所，評価規準の作成，評価方法等の工夫改善のための参考資料
- (3) 長岡市教育委員会，教育基本指針「熱中！感動！夢づくり教育」
- (4) 東京書籍Webページ
- (5) 教師のための教材研究のひろば（栃木県総合教育センター）
- (6) 岩手県立総合教育センター・データベース

以上の調査結果を基に各チームは、開発する教材のコンセプトの立案を行う。コンセプトの立案に際して、①技術家庭科で養う「ねらい」の明確化、②技術分野の教育内容に対して開発する教材に相当する内容と時間の決定、③LEGOマインドコントロールをそれらにどのようにして利用するかを検討といった3つのステップに作業を細分化して、開発する教材のコンセプト立案を行った。図-3に実際に学生が調査分析した結果の一例を示す。

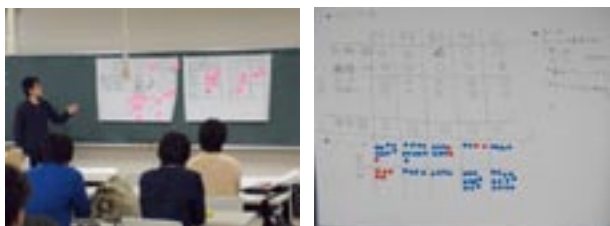
**2. 2. 4 企画発表会** 第7週において、各グループごとに立案したコンセプトについて発表する場として企画発表会を設けた。発表会はパワーポイントを用いたプレゼンテーション方式とし、主担当、副担当の教員以外の教職員の参加を促し、様々な観点からの意見を得られるようにした。

**2. 2. 5 PDCAサイクルに基づいた試行企画発表会の終了後、**各チームで開発する教材のコンセプトについての見直しを行い、その後、学生達



(a)多関節ロボットアームを用いたアイスブレイク (b)LEGO-Mindstormsを用いたアイスブレイク

図-1 アイスブレイクの様子



(a)合意を得た意見の発表 (b)意思決定マトリクス法とシールアンケート法を組み合わせた合意形成

図-2 合意形成法の演習

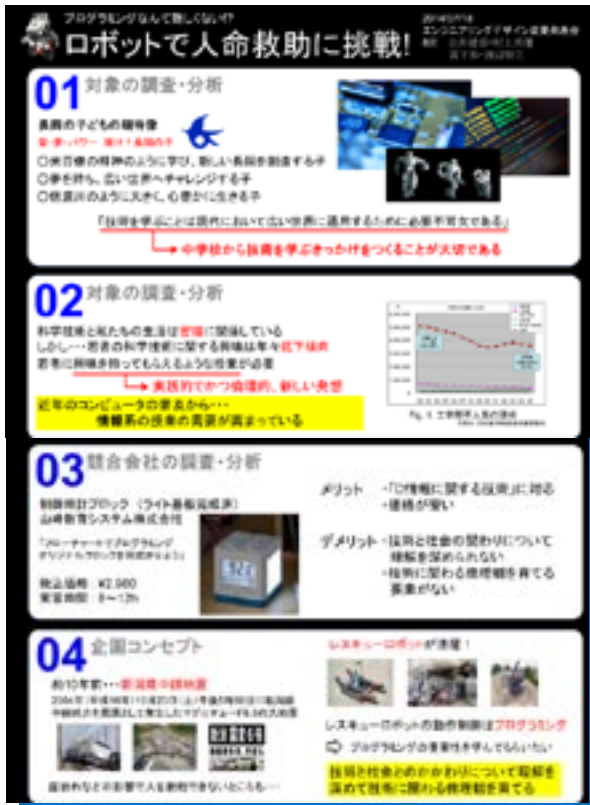


図-3 立案された教材コンセプトの一例

はPDCAサイクルに基づいた教材の開発を行った。授業開始時と終了時に朝礼，および終礼の時間を設け，各チームごとに副担当の教員にその日の作業内容について進捗状況等を交えて報告するようにした。報告時には工程表と作業報告書を用いることで，チームの構成員の役割，作業の進捗状況を可視化して円滑なPDCAサイクルをまわすことができた。図-4(a)(b)に実際に開発されたLEGOを用いた教材と，中学生用のテキストの例を示す。

**2. 2. 6 成果発表会** 以上の工程により開発された教材は第15週の成果発表会で評価される。成果発表会は企画発表会と同様にEDE担当教員のみではなく全ての教職員が参加可能なものとし，さらに，実際の長岡市の中学校の教員などの学外からも評価者を招いた。シールアンケート法を用いて全参加者に，各チームおよびチームごとに開発された教材の評価を依頼した。発表会の方式についてはH26年度とH27年度では異なる方式とした。このことについては次節にて記述する。

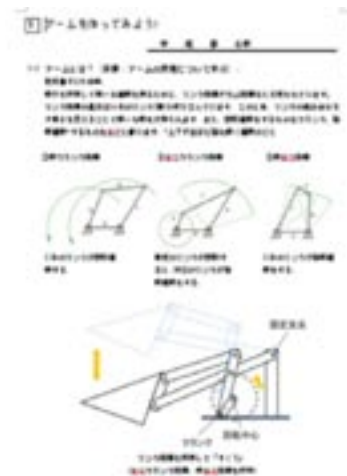
**2. 3 H26年度とH27年度における実施形態の違い**

**2. 3. 1 デザインテーマ** H26年度は前述した「中学校の技術の教材開発」という一つのデザインテーマに対して，全てのEDE参加学生が取り組ん

だが，H27年度ではEDEによる地元地域への貢献をより充実化するために，「コンクリート構造物の施工管理技術」（図-5，図-6）というテーマをデザインテーマに加え，参加した学生をどちらかのテーマ



(a) LEGOを用いた教材



(b) 生徒用テキスト

図-4 EDEで開発された教材の例



図-5 BOXカルバート施工現場の例



図-6 締固めの様子

に割り振って2つのデザインテーマについてEDEを実施した。

**2. 3. 2 学外評価者の拡充** H27年度のEDEではデザインテーマが増えたこととともなって、成果発表会における学外評価者の拡充を行った。具体的には新潟県の土木系企業に勤めている有識者の方を、成果発表会の評価者として新たに加えた。学外評価者はそれぞれの専門性にとらわれずに、両テーマの報告内容について評価していただいた。

**2. 3. 3 教員チームの参加** H27度のEDEでは本校の教員のFD活動の一環として、新任教員を中心とした若手教員にもEDEに、受講者側として加わってもらい、学生と同条件のもとで「中学校の技術の教材開発」のデザインテーマに取り組んでもらった。教員と学生という立場の違いから、EDEの活動中に学生が恐縮してしまわないよう、参加した若手教員は教員のみで構成される教員チームを組むようにした。

**2. 3. 4 発表会方式の変更** H26度の成果発表会では、チームごとにブースを設け、評価者が各ブースへ自由に赴いてそれぞれのチームの説明を聞き評価する発表会形式とした。しかし、参加した中学校教員を中心に、評価の時間が足りず、全てのチームの発表を聞けなかったという声が寄せられた。そこでH27年度では、成果発表会を2部に分け、前半はパワーポイントによる発表を全てのチームが全評価者の前で行い、その後、後半の発表会ではH26年度と同様にチームごとのブースを自由に訪れて評価を行う方式とした。

### 3. 学生アンケートの比較

#### 3. 1 学生アンケートの概要

H26年度、H27年度のEDEでは全ての講義が終了後に参加した学生（H27年度においては受講した若手教員も含む）を対象にアンケートを実施した。アンケートの内容は、EDEを通じて得られたと感じる事、困難だったことなど、授業中の取り組みや成果についての考えを尋ねたものである。本章ではH26年度とH27年度で得られたアンケート結果を比較することで、EDEの内容についての評価および、H27年度で変更した点についての評価を行う。3.2節以降に主たる設問ごとに得られた結果を示す。

#### 3. 2 EDEに対する満足度

図-7にEDEを受講してよかったか？という問いに

対する回答を比較した結果を示す。H26年度、H27年度ともに90%以上の学生が「よかった」もしくは「まあまあよかった」と回答しており、学生のEDEに対する満足度はきわめて高いといえる。これは、学生主体で授業が進められるアクティブラーニング式の授業であったこと、専門の異なる学生達が協力して一つのものを作り上げる、学科横断的な授業であったこと、このような授業は本科で経験できる機会は少ないため、授業に対する新鮮さが、よい評価に結びついたと考えられる。

#### 3. 3 EDEで得られた成果

図-8にEDEを通じてあなたが得られた成果は次のうちどれですか？（複数回答可）という問いに対する回答を比較した結果を示す。H26年度、H27年度ともに参加学生が最もよかったと感じたことは、他専攻の学生とのグループワークを通じて、仲が深まったという回答であった。これは本校においては、学科横断的に開講されている講義がまだ少数であり、EDEを通じて初めて他専攻の学生と交流したとい

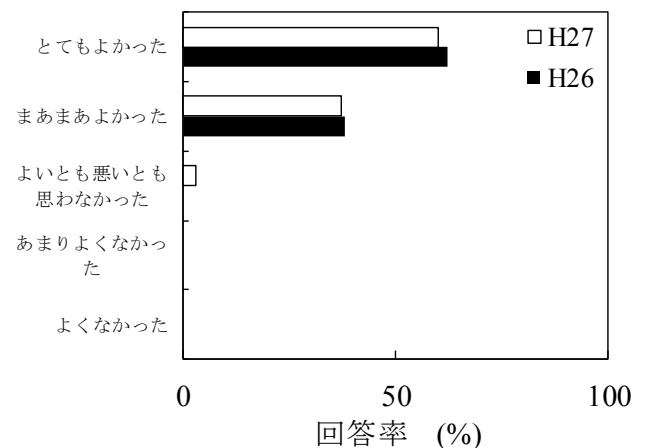


図-7 学生の満足度

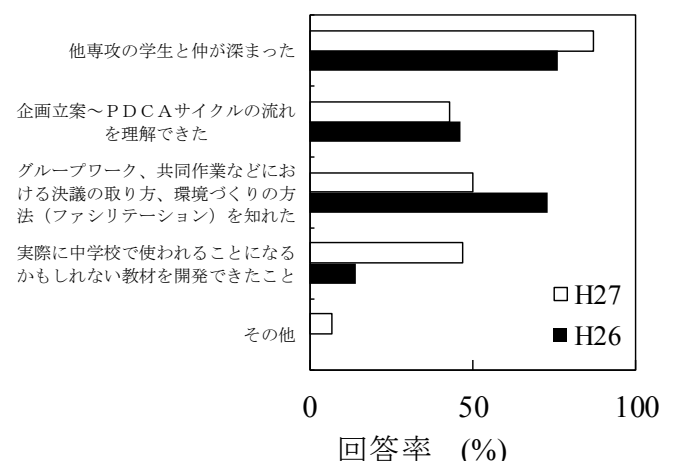


図-8 得られたと思う成果

う学生も存在していたことなどが理由と考えられる。また、H26年度とH27年度の傾向の違いとして、実際に使われる可能性のある教材を開発できたことがよかったと回答した学生の割合がH27年度は30%程度増加の傾向となった。一方でグループワークにおけるファシリテーションのやり方を学べたことがよかったと回答した学生の割合は25%ほど低下する傾向を示した。

### 3. 4 EDEで難しかったこと

図-9にEDEを通じて困難だと思ったことはなんですか？（複数回答可）という質問に対する回答結果を示す。H26年とH27年を比較するといずれの年度も結果は同様の傾向を示しており、最も困難であったこととしては、決められた制約条件（開発費や開発日数）のもとで教材開発をしなければならないという点であった。ただし、H26年度はこの項目に80%以上の学生が困難であったと回答したのに対し、H27年度は約60%に留まった。これは開発費、開発日数に関する制約は両年度ともに大きな違いはないが、開発する教材自体に制約を設け自由度を減らしたことで、教材の開発スピードを改善できたためだと考察する。一方で、EDEを通じてよかったことは？という項目の結果と反対に、交友のない他専攻の学生とコミュニケーションをとることが困難だったと回答した学生もH27年度では40%近くいた。このことから中学校の教材開発というテーマに基づいて、PDCAサイクルを回していく最中には、チームメンバーとのコミュニケーションのやりとりにも苦労した学生が多かったことがみてとれる。一方で、EDE終了時には他専攻学生と交友できたことがよかったと考えている学生が80%近くいることから、グループワークにおけるコミュニケーション能力の重

要性については十分理解できている結果であるといえる。

### 3. 5 デザインテーマに対する難易度

図-10に中学校の技術の授業を開発するというデザインテーマの難易度についての回答を比較した結果を示す。H26年度は40%近い学生が、大変困難であったと回答したのに対して、H27年度は同様の回答をした学生は20%程度にとどまった。やや難しいと回答した学生の割合はH26、H27の両年度に違いは見られなかったが、中学校の教材開発に携わった学生の約半数がデザインテーマに対する難易度は適切であったと回答している。これはH26年度のアンケート結果を踏まえてH27年度のEDE実施に際しては、開発する教材にあたって制約を設け、自由度をあえて減らすことで、中学校の教材開発の難易度が下がるように試みたためである。また、別の理由としては本報では詳細を述べないが、H27年度はデザインテーマをコンクリート構造物の締固め技術の開発と、中学校の教材開発の2つに分けて設定し、両テーマの難易度に差が生じていて、中学校の教材開発のテーマが相対的に難易度が低く見て取れたためだと推察する。また、H26年度は少数ながらも難易度が易しい、もしくは非常に易しい、という回答があったが、H27年度はそのような回答はまったく見られなかった。

### 3. 6 授業時間（作業時間）について

図-11にEDEの授業時間が教材開発のPDCAを実行するにあたって、足りていたかどうかについての回答を示す。図-10に示したデザインテーマの難易度の結果と同様に、H26年度では時間がまったく足りないという回答が約半数を占めていたが、H27年

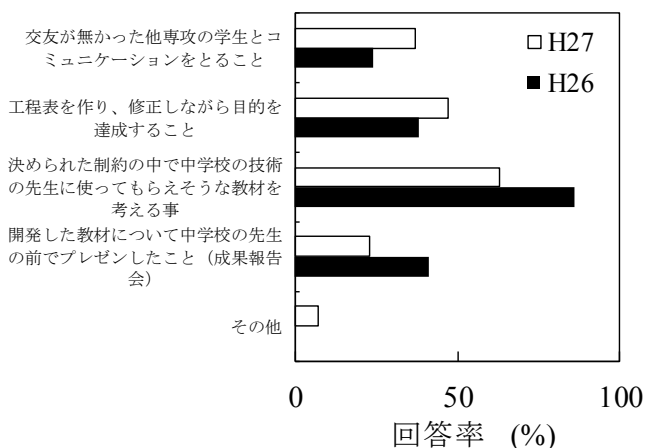


図-9 困難だったと思うこと

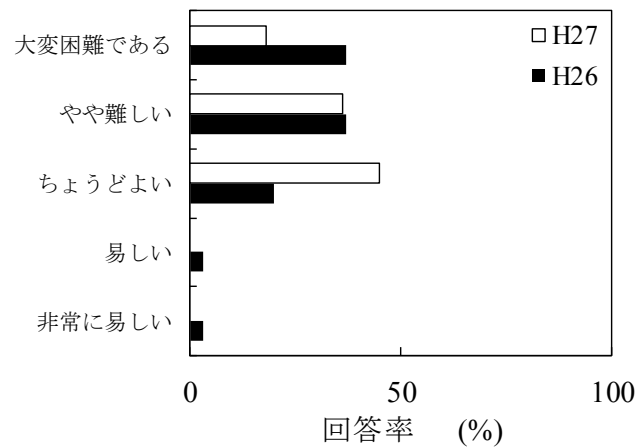


図-10 デザインテーマの難易度

度は授業の時間がまったく足りなかったと回答した学生は20%にとどまった。これは難易度の適切化にともない、PDCAに要する時間も削減できたためだと考える。一方で、すべての学生が授業時間についてはやや足りない、もしくはまったく足りないと回答しており、丁度よかったという回答がなかったことから、来年度以降の授業時間の配分もしくは、PDCAの作業内容についてはまだ改善の必要がある。

### 3. 7 授業時間外の作業時間について

図-12にEDEの授業時間外に各チームでどれだけ集まって作業をしたかという質問の回答を示す。前節の授業時間の結果よりH27年度はH26年度に比べ5時間以上、時間外に活動したチームはなかった。一方で授業時間で課題の作成を全て終わらせ、時間外の活動をまったくしなかったというチームもあらわれなかった。EDE自体は学生の自主性を尊重するアクティブラーニングの一種であるため、授業時間外の活動の有無や作業時間の大小についてはチームや学生個人の裁量に任せている。EDEに参加している

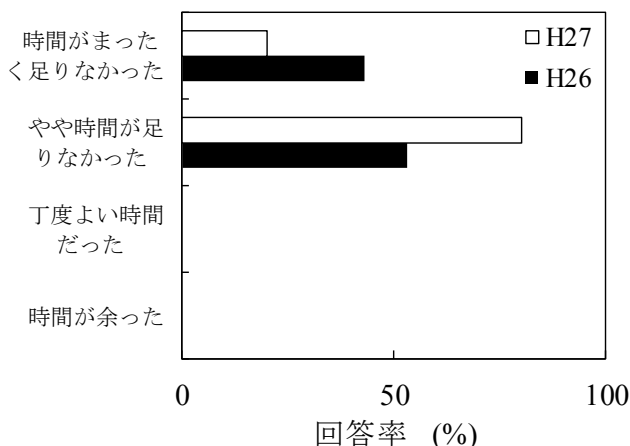


図-11 授業時間数について

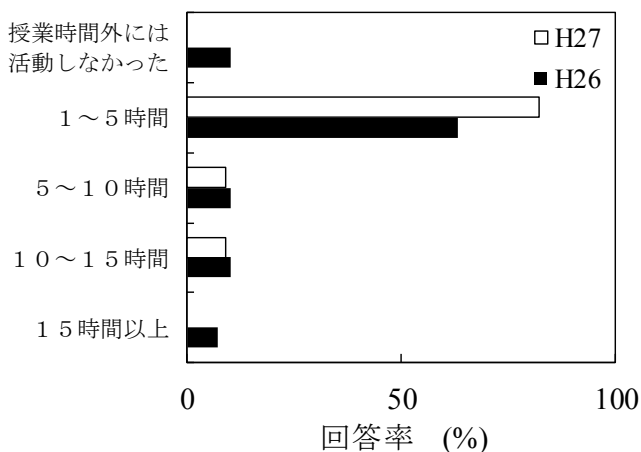


図-12 授業以外での活動時間

専攻科1年生は各研究室において各々の研究活動に注力しなければならない状況を考えると、のべ15時間を超えるような長時間の時間外活動は避けるべきである。その点からみると、H27年度の参加学生は適切な活動時間であったといえる。

## 4. 結言

本報ではH26年度およびH27年度に本校において実施した地域共生を目的の一つとしたエンジニアリングデザイン教育について、その内容を述べた上で、受講した学生アンケートの結果を年度別に比較することで、EDEにおける取組の評価を行った。3章にて示した学生アンケートの結果より、H26年度の課題であったデザインテーマの難易度の高さ、それにとまなう作業時間の確保の難しさについては、内容の見直しによりH27年度では一定の改善がみられるものの、学生自身が適切であると考えられるにはまだ及んでいない。一方でH26年度、H27年度ともにEDEを受講して良かったという回答が参加した学生の90%以上を占めていることから、デザインテーマの難易度の高さ自体は学生のEDEの活動中の妨げにはなっておらず、難易度が高い課題故に、参加した学生は高い満足感を感じていると推察される。さらにEDEを通じて得られた成果が、技術や知識のみならずコミュニケーション能力といった、社会で求められる必須スキルであることから、EDEを実施する意義は大変大きいといえる。以上のことから、地域共生を視野にいれたエンジニアリングデザイン教育は学生への教育方法としては適切なものであり、今後も継続してEDEを実施することで、将来的には地域社会に根付いた教育活動へ発展させていきたい。

### 参考文献

- 1) 吉田, 豊田: 高等専門学校における卒業研究を活用した低学年学生のものづくり教育, 工学教育, 56-4, 62-68, 2008.
- 2) 三木, 北村, 榊原, 名倉, 長瀬他. 課外活動を利用した創造教育-低学年からの技術者教育-, Journal of JACT, 15-3, 113-118, 2010.
- 3) 外山, 宮腰, 田崎: 長岡高専におけるエンジニアリングデザイン教育指導体制の構築, Dynamics and Design Conference 2014, 525, 2014.
- 4) 外山, 宮腰, 田崎: エンジニアリングデザイン教育のデザインとその実践, 論文集「高専教育」, 第38号, pp.67-72, 2015.

(2015. 10. 3 受付)