

報告

香川高等専門学校と長岡技術科学大学が協働する

国内外実務視点の学際的工学教育の実践

上代 良文¹⁾ 村上 幸一²⁾ 柳川 竜一³⁾ 菊池 崇志⁴⁾ 溝上 裕二⁵⁾¹⁾ 香川高等専門学校 機械工学科²⁾ 香川高等専門学校 電気情報工学科³⁾ 香川高等専門学校 建設環境工学科⁴⁾ 長岡技術科学大学 原子カシステム安全工学専攻⁵⁾ ジョーンズ ラング ラサール株式会社 プロジェクト・開発マネジメント事業部

要約：社会情勢がめまぐるしく変化する今日、学際分野に積極的に交わり相互理解を深める経験が、高等教育に求められている。このような背景の下で、香川高等専門学校（香川高専）と長岡技術科学大学が協働し、国内外の実務を念頭におく専門科目「技術科学フロンティア概論」の、10年にわたる教育実践について報告した。その学習目標は、複眼的、国際的、戦略的視点を持った技術者の育成である。本協働科目は、工学の専門基礎知識を修得済みの高専4、5年生を対象に、総合工学の立場で、講師の国内外の工学実務経験に基づいて、座学、演習、卓上実験、実践型ワークショップを取り入れた集中講義形式で実施された。

（キーワード：総合工学教育，クラウドコンピューティング，持続的開発，次世代エネルギーシステム，国際的ビジネス）

**Interdisciplinary Engineering Education for Domestic/International Business
Jointly Conducted by National Institute of Technology (KOSEN), Kagawa College and
Nagaoka University of Technology**

Yoshifumi Jodai¹⁾, Yukikazu Murakami²⁾, Ryoichi Yanagawa³⁾, Takashi Kikuchi⁴⁾, Yuji Mizoue⁵⁾¹⁾ Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology (KOSEN), Kagawa College²⁾ Department of Electrical and Computer Engineering, National Institute of Technology (KOSEN), Kagawa College³⁾ Department of Civil Engineering, National Institute of Technology (KOSEN), Kagawa College⁴⁾ Department of Nuclear System Safety Engineering, Nagaoka University of Technology⁵⁾ Project and Development Services, Jones Lang LaSalle K.K.

Abstract: Active association with interdisciplinary fields and deepening mutual understanding are required in higher education in today's fast-changing social situation. Thus, a special subject, "Introduction to Engineering Frontier" that is mindful of domestic and international business was created. The subject has been offered jointly by the National Institute of Technology (KOSEN), Kagawa College (Kagawa KOSEN) and the Nagaoka University of Technology over the last decade. The aim of the course is to train engineers to think with multiple, global, and strategic viewpoints. The collaborative subject, offered as synthetic-engineering education, is intended for 4th and 5th-year students who have acquired credits for fundamental special knowledge of engineering. The subject is executed as a series of intensive classroom lectures with exercises, hands-on demonstrations, and practical workshops based on domestic and/or international engineering work experience of the instructors.

(Keywords: synthetic-engineering education, cloud computing, sustainable development, next-generation energy, global business)

1. はじめに

本章では、現代社会の多様なニーズに応えるために、香川高等専門学校と長岡技術科学大学が協働で開講している、国内外の実務を念頭においたユニークな専門科目教育について、その背景を踏まえて述べる。

1.1 理工学分野における学際的教育の必要性

高等教育でのグローバル教育の重要性は改めて言うまでもないが、729 の学協会からの回答に基づくデータ¹⁾によると、「卒後²⁾の職業人の海外移動が多く、教育内容の国際的共通性が必要」との回答が理学・工学分野で 20% であり、人文・社会科学分野の 10% の 2 倍である。

米盛³⁾は、科学的創造において、チャールズ・パーズ (Charles S. Peirce) によって提唱されたアブダクティブな探求 (仮説の列挙と熟慮的選択) の必要性を、人工知能研究者らとの交流を交えた解釈で論じている。柘植⁴⁾は、理工系高等教育において、細分化した学術を学術としてのみ教えることによる、卒業生の視野の狭さと社会人基礎力の不足を指摘している。経済協力開発機構は 2015 年に、Education 2030 プロジェクト⁴⁾の中で、変化させる力のある新コンピテンシーとして、Creating new value (新価値創生力)、Reconciling tensions and dilemmas (難問調和力)、および Taking responsibility (責任対応力) を特定した (和訳は著者)。以上の指摘を踏まえ、学際分野に積極的に交わり相互理解を深める経験こそが、国内外の実務に通用する新たな価値を創造する理工学人材の育成に求められていると考える。

1.2 高専における実務視点教育の必要性

高等専門学校 (以下、高専) は、社会が必要とする技術者を養成するため、中学校の卒業生を受け入れ、5 年間の一貫教育を行う高等教育機関である。実験・実習を重視した専門教育を行い、大学とほぼ同程度の専門的な知識、技術が身につけられるよう工夫している⁵⁾。

一方で、時代や社会情勢の変化のスピードが早い現在、高専を卒業する技術者に求められる能力は、複雑化・多様化している。例えば、高専創設

時の比較的画一性の高い「産業社会」では、基礎的な学力、協調性、知的操作の速度などが求められていたのに対して、グローバル化や情報化の進展する現代の「知識社会」においては、人間力、交渉力、新しいものに挑戦する意欲などが求められるとの指摘がある⁶⁾。

実務の現場においては、ごく限られた分野に特化した知識・経験・実績は、複雑化している現代の社会要請に、もはや十分耐えうることが困難となっており、分野横断・異分野融合・学際的視点といったより広い視野を持った技術者育成が求められている。さらに、技術革新が著しいグローバル社会の第 1 線を担う人材となるには、世の中の動向を常に把握できる情報収集能力が必要とされている。

高専には、グローバルな実務経験、情報技術の社会実装経験、あるいは産官学等のグループプロジェクトに携わった経験のある教員も多数在籍しており、時代や地域社会が求める多様な高専教育を、単独学科ではなく、学科や機関を越えた協働で行うことの意義は大きい⁶⁾。

1.3 本科目

前節のような背景の下、香川高専は、高専卒業生を学部 3 年編入生として多数受け入れてきた長岡技術科学大学 (以下、長岡技大) と協働して、2011 年から、「技術科学フロンティア概論」⁷⁾を開講している。同名の協働科目は、全国の 6 高専 (旭川、福島、小山、木更津、長岡、香川) で開始された。

本稿では、2010 年以前の「技術科学フロンティア概論」の開講検討時から科目設計に携わってきた第 1 著者と、創意工夫をこらした講義への展開を担ってきた著者らによる、協働教育の取り組みと成果を報告する。

2. 協働科目の学習目標と特徴

本章では、協働科目の学習目標と特徴を述べる。

2.1 協働科目の学習目標

本科目の学習目標は次の 3 つである。1. 専門領域関連の先端技術科学について理解する (flexible

idea for originality: 複眼的教育)。

2. 技術展開に求められるグローバル人材について理解する (global leadership: 国際的教育)。
3. 社会動向の把握ができるようになる (strategic management: 戦略的教育)。

これらの目標が、各講義の履修を通じて達成できるように、科目設計がなされている。

2.2 協働科目の特徴

香川高専と長岡技大の協働によって開講される本科目の特徴を以下に挙げる。

- (1) グローバル視点あるいは地域目線の工学教育
 - (2) 複眼思考、実務マインドを育む教育
 - (3) 総合工学教育、分野横断的・学際的教育
 - (4) 工学の専門基礎教育を修得済みの高専 4, 5 年生を対象とした教育 (大学低学年への導入専門基礎教育との差別化)
 - (5) 情報基盤、社会実装にまで踏み込んだ教育
 - (6) 時代や社会の変化への対応を促す教育
- なお、これらの詳細は、4 章で述べる。

3. 開講および受講形態

本章では、協働科目の開講および受講形態について説明する。

3.1 講義時間と単位

90 分を 1 コマとし、全 15 コマ (1 単位) を 4~5 日の集中講義形式で、香川高専全学科の 4, 5 年専門選択科目として開講している。過去 5 年の履修学生数は以下のとおりである。2019 年: 33 名, 2018 年: 34 名, 2017 年: 27 名, 2016 年: 42 名, 2015 年: 46 名。

3.2 協働科目の講師

協働科目の開講を担当した講師 (年度により、若干の入れ替わりあり) は、それぞれ、機械設計分野で海外案件に従事/クラウドサービスの社会実装を経験/企業・研究機関・公的機関のグループとして活動/大学で学部課程から大学院博士後期課程までの学生を指導/民間企業で国際的にビジネスを実践するなどの経験を有し、博士 (工学) の学位を持つ。2 章で述べた協働科目の学習目標

と特徴を担当講師が補完し合って満足させている。

講師毎の担当コマ数に応じて、次節で述べるレポートの配点に重み付けがなされる。

3.3 レポートの扱いと成績処理

学際的な講義内容を振り返るとともに、学んだ知識を学習目標の視点 (複眼的, 国際的, 戦略的) で、受講生自身の専門分野へ適用することを促すようなレポートが課された。成績評価は各レポートのでき具合を集計して判定される。その際、学生の負荷や採点基準に、年度や講師毎のばらつきが生じないように、本協働科目専用を用意された「講義要領」に沿って、採点と成績処理がなされている。

評価の透明性、客観性を維持し、成績の集計ミス防止のために、採点の痕跡を残したレポート・成績原簿・成績一覧表を、科目設計責任者 (第 1 著者) が全数確認した上で、教科ポータルフォリオとして電子的に保管している。

3.4 授業評価アンケート

学生の理解度の把握と授業改善を目的として、学校全体で実施している授業評価アンケートとは別に、本協働科目独自に、

- (1) 授業に興味を持ちましたか?
- (2) 授業は工夫されていきましたか?
- (3) 難易度は適切でしたか?

の 5 段階評価 (5: はい, 1: いいえ), 講義で興味を持ったキーワードの記述, および感想のアンケートを実施している。

キーワードを書かせるのは、学生に復習を促すことと、講師側の授業意図と学生の受け取りに差がないかどうかを確認するためである。専門教育を受けていない低学年へのオリエンテーション的な専門基礎教育とは違い、高専入学後 3, 4 年間の専門教育を修めた学生であるために、キーワードの選択が適切であり、自由記述でも今後の専門学習につながる前向きなものが多いようである。

2015 年と 2019 年の独自アンケートの内、5 段階評価の本稿執筆講師の平均は、(1)4.57, (2)4.55, (3)4.31 と良好であった。自由記述については 5 章で整理する。

4. 各講義

本集中講義の数ヶ月前から、Web シラバス、個人メール連絡システム、教室掲示によって、2.1 節で述べた学習目標に加えて、次の注意点を履修学生に連絡している：「授業に真剣に取り組み、丁寧に作成された提出物等が評価の対象となること。欠席分のレポートの提出資格はないこと」。

講義初日には、授業が効果的に行われるように、事前の注意書き（メモをとる。私語、居眠り厳禁。レポートは丁寧に）が、上記のシラバスとともに 1 枚の用紙に印刷して受講生に配布される。

以下に、各講義のねらい、内容、特筆すべき工夫や成果などについて示す。

4.1 流れの力学の基礎と卓上実験を通じた複眼的学び

機械分野からは、流体力学を題材として、「流れの力学の基礎と卓上実験を通じた複眼的学び」というタイトルでの講義を行っている。エンジニアに求められる流体力学分野の基礎能力としては、便覧や資料集などを活用して各種の機械システムやエネルギー関連装置の設計が行えることである⁸⁾。機械を専門としない学生も対象とした本節で述べる講義では、最初にねらいとして、「流れ現象を楽しむ (multiple fields)」、「流れを題材に世界を知る (global leadership)」、および「実験を通じて考える (strategic technology)」を示し、学生に受講の心構えを意識させている。そして、講師が考える流体力学の目的（流れから物体に作用する抵抗の低減、管路や流体機械の圧力損失の低減、輸送機器や建築物の振動・騒音の抑制、産業プラントや燃焼機器内の伝熱・混合の促進）とそのための工学的に取られる対策をスライド 1 枚（図 1）に整理して示した。以後の講義でプロジェクター投影するスライドにおいても、写真、動画、アニメーション、電卓で確認できるレベルの例題を多数取り入れるように工夫している。

続いて、流れを理解する上で、あるいは科学的思考の上で大切な、無次元化 (nondimensionalization)、規格化・標準化 (standardization) について、重要な無次元数であるレイノルズ数、ストローハル数 (図 2)、抵抗係

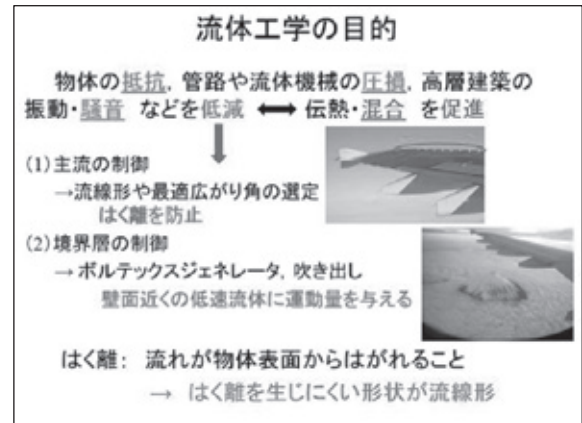


図 1 流体力学の目的に関するスライド

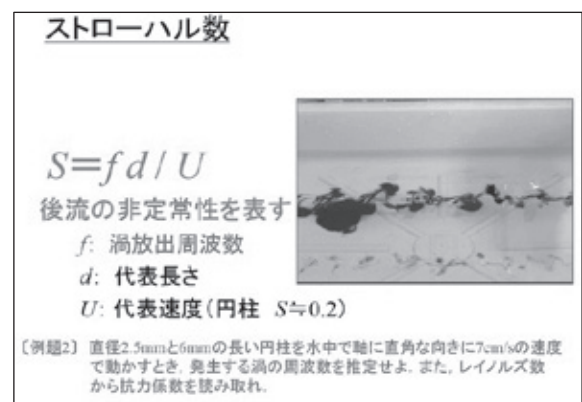


図 2 無次元化の重要性に関するスライド

数を例にして説明している。例えば、人類初の動力飛行で知られる Wright Brothers のフライヤー1号の上下の主翼間に張られたワイヤーが、いかに空気抵抗の大きな形状(円柱形)であったのかを、例題計算を通じて解説した。その際、円柱背後にできる渦列模様と無次元数との関係を、講師が事前に撮影した実験動画を交えて、専門が異なる学生にも直感的に理解できるように配慮した。

授業では、スライドに加えて、多数の卓上実験教材⁹⁾、実際の研究用測定器具、マルチメディア教材¹⁰⁾、および第1著者が創設に携わったWeb教材¹¹⁾も利用し、飛行機周りやダクト内の流れの実例を示しつつ、前述した3つのねらいを各学生に意識させるようにした。卓上実験の1つは「ジェットの流れを測ってみよう」(図3)であり、送風機から環状に流出する空気噴流速の空間分布を、研究用機器(ピトー全圧管と微差圧計)を使用してグループ毎に測定し、その結果をグラフとして

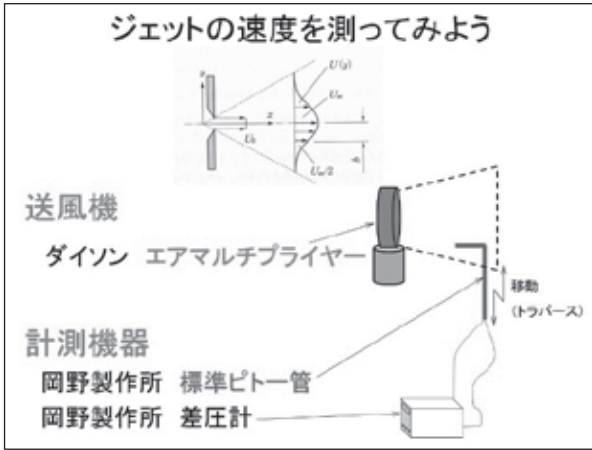


図 3 卓上実験に関するスライド

描くものである。このように様々な教授上の工夫を行う背景には、科学・工学教育において、アメリカと比べて日本の講義では、学生が質問や意見を講師に投げかけること (interventions) が極めて少ない¹²⁾ことがある。

複眼的思考の例として、機械分野では自動車周りの空気抵抗の低減¹³⁾を目指すことが多いのに対して、土木分野では洪水の勢いを減らすために、流れの障害となるような構造物設計をすることがあるが、現象を支配する運動方程式系は両者で一致するので、相手分野の本を読むのは視野を広げるために大変役立つことを紹介した。また、複眼的思考の大切さを示す別の例として、流れの抵抗を減らす場合に、物体の形状 (はく離¹⁴⁾が支配的か粘性摩擦¹⁵⁾が支配的か) とレイノルズ数 (層流か乱流か) によって、取るべきアプローチが間逆になるため (図 4)¹⁶⁾、常識を疑い、工学的に間違った、世の中の実例を鵜呑みにしないように注意を喚起した。

グローバルな視点を養うために、講師が重工業設計課勤務時代に、世界各国の客先 (国有企業、公団、エンジニアリング会社、商社など) を相手にした流体力学を中心とする実務にかかわった際の失敗談などを紹介している。また、4.5 節担当講師との協働科目設計の中で重要と思われた、「能動的に学び自ら熟慮する姿勢」について、流体力学を主題とした本節の講義においても述べた。

機械系以外の学生には、力学的な話題は敬遠される面もあるかと危惧したが、流れ現象が体感できる教材を多数用意したこともあってか、授業評

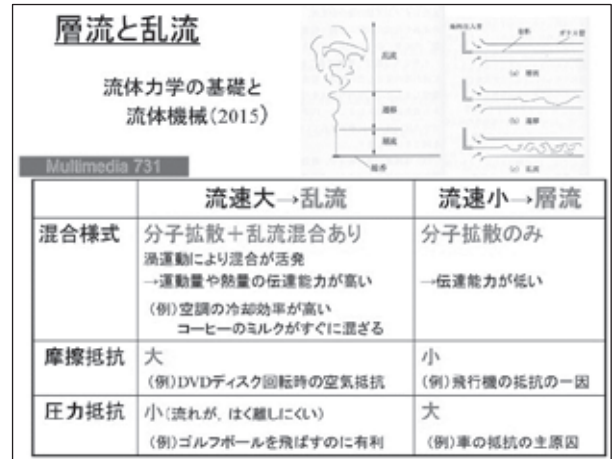


図 4 複眼的思考を促すスライド

価アンケートでは、機械系の学生からの「実験も分かりやすくピトー管についての理解が深まった」や、機械系以外の学生からの「流体力学はとても興味深いと思った」、「土木の専門は水だが流体という観点でまた新たに勉強を進めていきたい」といった、受講生が各自の専門分野の基礎を修得しているからこそその意見を得た。

4.2 クラウドコンピューティング入門

情報工学分野からは、講師のオープンソースソフトウェア (以下、OSS と略) の知識¹⁷⁾をベースに「クラウドコンピューティング入門」のタイトルで講義を行った。OSS とは、そのソースコードをインターネットなどを通じて無償で公開し、一定のルールの下で、誰にでも、ソースコードの改良や再配布を可能としているソフトウェアである。代表的な OSS として、オペレーティングシステムでは「Linux」の各ディストリビューション、Web サーバでは「Apache」、データベースサーバでは「MySQL」などがあり、クラウドシステム構築のための基幹ソフトウェアとして採用されることが多い。本講義では、OSS に関する講師の知識を踏まえつつ、情報技術者のための実務書¹⁸⁾をベースにしたスライド作成を行い、「クラウドの基本」と「ブラウザの進化と HTML5」の 2 つのトピックについて講義した。

本節で述べる講義では、情報工学を専門としない学生も対象とするため、講義のねらいを、「クラウドの 3 つの種類について説明できること」の 1 点に絞った (図 5)。本講義を受けるメリットとし

て、「(1)企業・大学面接の際にクラウドの 3 つの種類について説明できる」、「(2)クラウドシステムの開発者になるための入りの授業であること」を説明した。講義の目的と受講のメリットを最初に明示することにより、受講生の受講の動機付けとなるように意図した。

クラウドは、前述の OSS を用いたクライアント・サーバシステムにより実現されている。サーバ側の技術としては、提供する API (通信接続の規則と手順) に関する事項や、複数の API を組み合わせるマッシュアップ (図 6) が重要であり、それら 2 つの解説を行った。

クライアント側の技術としては、画面を表示するブラウザと HTML5 について解説した。特にアプリケーション機能を提供する SaaS (Software as a Service) 型のクラウドシステムでは、ブラウザの表示能力や、クライアントのアプリケーションをブラウザ表示のなかに作り出す仕組みである HTML5 の技術が重要である。その点に関する説明に時間を割いた。

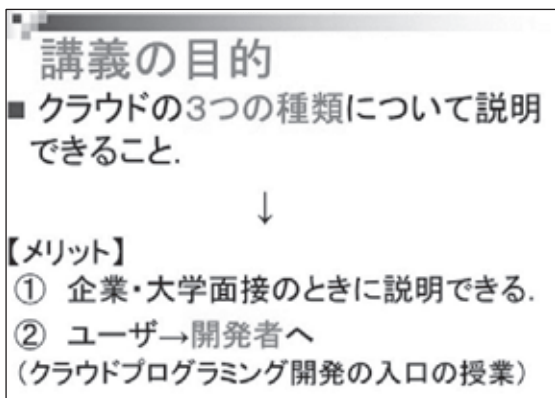


図 5 クラウドコンピューティング入門の目的に関するスライド

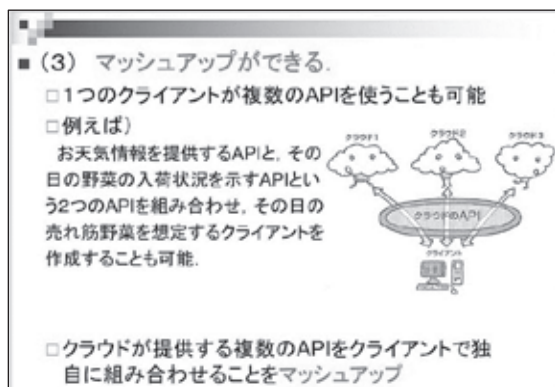


図 6 マッシュアップに関するスライド

加えて授業内では、講師の情報技術の社会実装の経験として、講師が地元企業ベンダーとともに開発した「栽培管理・原価管理システム-iFarm- (以下、iFarm)」の開発について紹介した。iFarm は SaaS 型クラウドシステムであり、農作業の記録をスマートフォンや Web ブラウザから入力しサーバに記録することができる。作物の生産時における栽培管理や農作物の原価管理を目的としたシステムである。現在、香川県において採用され県内農家において利用されている。実際のシステム設計や社会実装に関する実務経験を講義することで、受講生の実務イメージの醸成を図った。

後日、講義に対するアンケート評価を行い、講義中に興味を持ったキーワードについて確認した。1位「クラウド」22/39名、2位「IaaS」14名/39名、同率3位「SaaS」13名、「PaaS」13名、5位「API」5名であり、クラウドシステムの3つの種類である「IaaS (Infrastructure as a Service)」、「SaaS」、「PaaS (Platform as a Service)」が受講生に強く印象に残ったことを確認した。また、講義の目的には定めなかったものの、時間を割いた「API」についても印象に残ったことを確認した。加えてアンケートの自由記述欄には、「自分の所属している学科では行わない内容も多く、色々な知識を得ることが出来た。」との意見もあり、他学科の学生に対しても、一定の教育効果があったことが伺える。

4.3 内湾水域の環境変遷と工学的視点から取り組む持続的開発

土木分野からは、海岸工学の知識をベースに海洋生物や生態系の分野を盛り込んだ生物学・環境学的な視点を含めた分野横断型の事例として、「内湾水域の環境変遷と工学的視点から取り組む持続的開発」というタイトルでの講義を行っている。これは、高度経済成長期において沿岸域の開発が進められ臨海工業地帯や海上空港といった土木施設構造物の整備に伴い沿岸域の利用が活発で人間生活が物質的に豊かになった反面、赤潮・青潮発生に代表される水質の劣化や水産資源の量的な減少、種多様度の低下といった人間を含む生物の生存に必要な環境圏の機能低下を招いてしま

った代表事例として大阪湾湾奥域を取り上げ、大阪湾での水環境がどのような状況へと変わってきたか¹⁹⁾を紹介した(図7)。

また、高度経済成長末期での社会的需要の低下で殆ど利用されていなかった埋立地に造成された塩性湿地を取り上げ、干潟・浅場環境が本来有する水質浄化機能(富栄養化の低減・解消)の効果を定量的に評価し^{20),21)}、自然の自浄作用による環境修復の可能性を示した(図8, 図9)。

さらに、食物連鎖・物質循環フローの観点から干潟・浅場の有する役割や機能をより発揮させるための土木工学的視点での解決案として、地盤高設定に着目し、適切な高さの提案²²⁾を行っている。その一方、瀬戸内海の一部海域では、度重なる排出規制の結果として「富栄養化」した大阪湾湾奥域とは逆の「貧栄養化」した海域が存在しており、海藻ノリの品質低下や漁獲量低下の実態を示した。

その改善策として、かつて富栄養化していた海域の海底土砂に着目し、海底土砂の攪乱で溶出される栄養塩の水中への輸送と海底土砂の環境改善との両方の環境問題を解決する手法について提案と試行実験した事例²³⁾を紹介した。現地で得られる情報は言わば点の情報であるため、数値シミュレーションを活用した空間情報への展開や将来予測の事例も紹介した(図10)。

また、本節の講義で紹介した事例には、土木技術者のみならず、生物同定に長けた技術者、海洋調査技術者、研究活動に携わる学識経験者、実施の許可申請に関わる地方自治体職員、調査船を運用する地元漁業者、環境問題を取り上げ皆に伝えるメディア関係者が関わった。複数かつ様々なスキルを有する専門家がプロジェクトチームを組み、お互いの知識を共有しながら進めており、昨今の大規模事業には様々な利害関係者達と良好なコミ

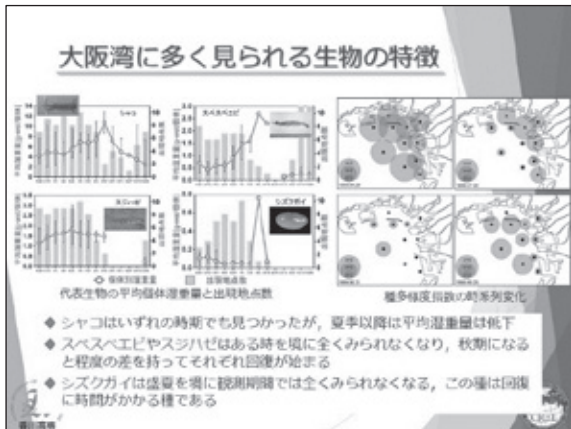


図7 大阪湾に多く見られる水生生物の時系列変化に関するスライド

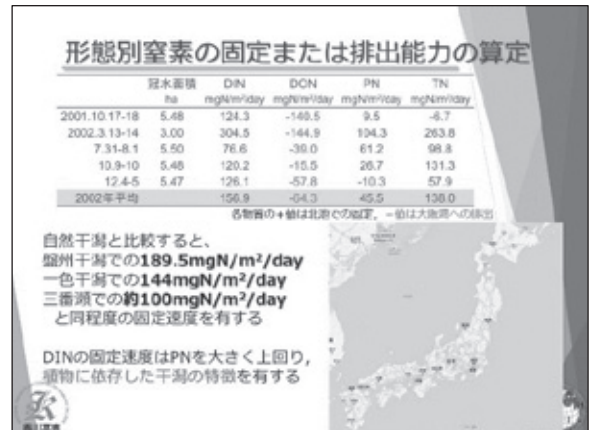


図9 塩性湿地での水浄化能力に関するスライド

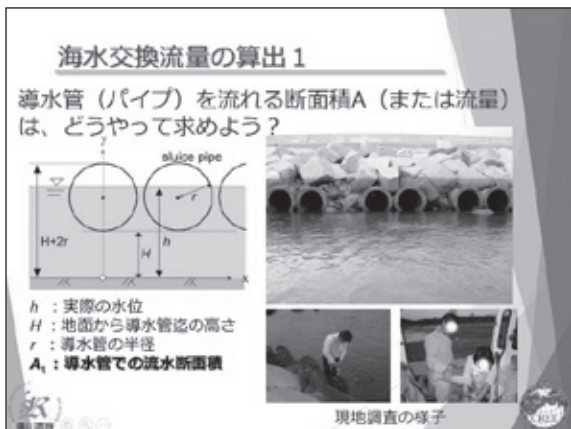


図8 海水交換流量の算出に関するスライド



図10 点データでは得られない場を推定する数値モデル構築に関するスライド

コミュニケーションが重要であった体験談を披露した。

このように、工学を学ぶことは、何かを開発するだけではなく、時代の変化や要望に柔軟に対応しつつ、我々の身近な生活をより良くすることに繋がることを示した。

本テーマは、生物や水質を取り扱った内容であるため、機械や電気、情報、通信などに代表される数字で画一的に表現される分野を主に学ぶ高等専門学校学生にとって一線を画した内容であり受け入れられるか心配されたが、授業評価アンケートでは「視野が広がった」、「干潟へ行ってみたいになった」、「身近な環境問題を考える機会となった」など好意的な反応を多く得ることができた。

4.4 核融合エネルギーシステムを題材にした総合工学・異分野への誘い

総合工学分野として、核融合反応を利用した発電による次世代のエネルギー源を目指す「核融合エネルギーシステム」(図 11) の講義を行った。核融合発電²⁴⁾を目指す研究開発は長年続けられて来っており、ビッグサイエンスと言われる分野となっているが、その研究開発を支える知識・技術は非常に幅広い工学分野に跨っている。原理をきちんと理解しようとする工学分野だけではなく物理学の素養も必要となってくるため、学習しづらい分野・内容である。また、現在では、国際的な共同研究開発プロジェクト²⁵⁾となっている一面もあり、超長期的な研究開発のためにはグローバルな視点を持つ人材育成が必須となっている。

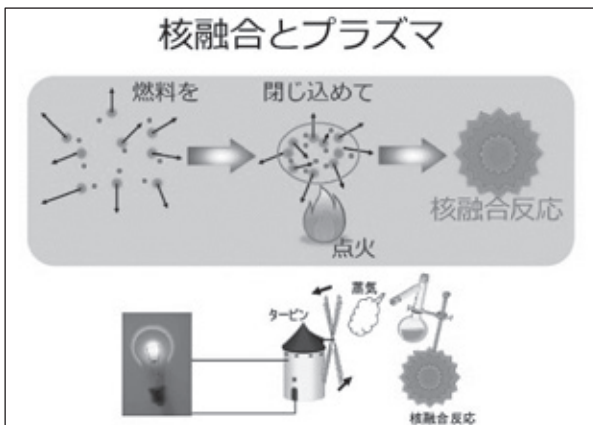


図 11 核融合エネルギーシステムの概要に関するスライド

例えば、通常の 1 学期 15 コマの授業²⁶⁾であれば、ある程度は核融合に関する前提知識や重イオン慣性核融合²⁷⁾のようなマイナーコンテンツについても紹介する時間的余裕が作れるが、今回の集中講義では 2 コマの割り当てであるため授業内容をかなり絞る必要がある。受講生の所属学科が単一ではなく、前提となる専門基礎知識も多様であることから、深い専門的な内容ではなく核融合エネルギーシステムとは何なのかという興味を持ってもらい、できれば異分野への取り組み方を認識してもらうという点に絞って授業内容を組み立てている。

授業実施のスタイルについても工夫する必要がある。これまでの基礎知識の上に成り立つ内容ではなく、初めて聞く専門用語や技術なので(図 12)、理解することが困難であることが予想される。また、2 コマ連続の授業のため、自宅学習で頭の整理・理解の確認などを行う余裕もないため、なおさら理解が困難である。『学び合い』²⁸⁾の手法に基づくアクティブラーニングの授業形式^{29)・31)}でも受講生がその授業スタイルに慣れる時間が必要と考えられるため、今回のような集中講義ではそれも実践しづらい。こうなると従来の座学形式の授業を実施することが手堅い手法となってくるが、大学教員が学会・研究会などでよく行う専門分野の発表というスタイルでは聴講者の理解が追いつかず、受講生の理解増進に繋がらないと考えられる。

そこで授業内容の振り返りを授業中に小刻みに入れることで、内容の確認を行う。ただし、あま

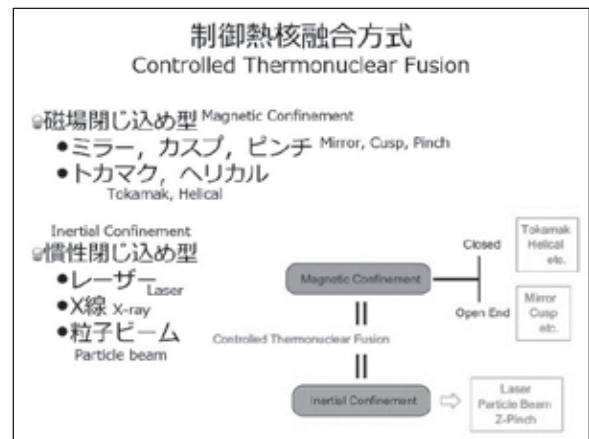


図 12 制御熱核融合方式に関するスライド

り時間をとって実施すると、ただでさえ短時間で多くのことを説明しなければならない今回の授業計画に支障をきたすため、演習問題のような形式で出題はせず、あくまでも振り返るだけに留めて行った (図 13)。

これは、FD 活動として参加した第 3 回高専一技科大 AL 研究集会において、関戸大准教授 (仙台高等専門学校, 東京大学・特任研究員) から教えていただいたテクニック「人間の記憶は 10 分しかもたず、短期記憶できるのは 5 ± 2 個なので、1 つの話題にかける時間と内容を制限する」に基づく授業構成である。また、あえて配布資料は作らず受講生にメモを取らせようという意図も考慮し、授業を実施した。

授業アンケートの結果では、「スライドを併用してゆっくりと講義をしてくれた」、「途中で、これまでの内容を理解しているか確認してくれて分かりやすかった」とあり、こちらの意図が期待どおりに作用したことが確認できた。

また、講義の中で興味を持ったキーワードの回答結果としては、「(熱) 核融合 (反応)」、「プラズマ」、「エネルギーシステム」、「エネルギー源」のように、授業の表面上の主旨と良く合致するキーワードが挙げただけでなく、「陽子の衝突」、「クーロンの障壁」など、授業中に原理を説明するために良く使用した用語が挙げられている。このため、当初の目論見どおり、授業実践でき、異分野である総合工学分野への興味を持ってもらえたのではないかと考えている。

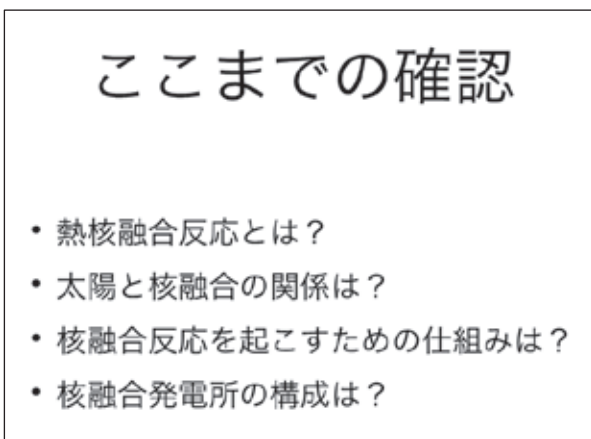


図 13 授業中に頻繁に行う受講生への内容の理解確認の問いかけに関するスライド

4.5 国際的ビジネス展開のための視点

民間企業でビジネスを実践している分野として、今後様々な分野で活躍できる社会人となるために、国際的ビジネス感覚を身につける元となる視点や考え方の気づきを得ることを目指す「国際的ビジネス展開のための視点」についての講義を行った。

講義は、工学教育を基礎として、その知識や能力を幅広く国際社会で役立てる術を知り、習得するきっかけとなることを目的とし、「国際的視点とは何かを知る」、「科学技術とその活用方法を知る」、「求められているグローバル人材とは何かを知る」、「今後、何を行うべきかを感じる」という 4 つの切り口で、座学とワークショップにより、複合的に行った。

1 つ目の「国際的視点とは何かを知る」では、世界共通のビジネス知識として必要な、(1)「マーケティング」と「イノベーション」の基礎、(2)「生産」と「販売」や「コスト」と「利益」の関係、(3)「強み・弱み・機会・脅威」を明確に認識して分析する SWOT 分析について解説した。

2 つ目の「科学技術とその活用方法を知る」では、「科学技術とは何か?」という素朴な疑問への回答から始め、要素技術・応用技術と市場ニーズの関係を解説した (図 14)。また、その科学技術のビジネスへの応用として、「世界に誇る、日本のすごい技術」や「世界シェア No.1 の日本企業」の紹介を行った。さらに、その科学技術の「要素技術」が企業や組織の「経営戦略」の方針に沿って

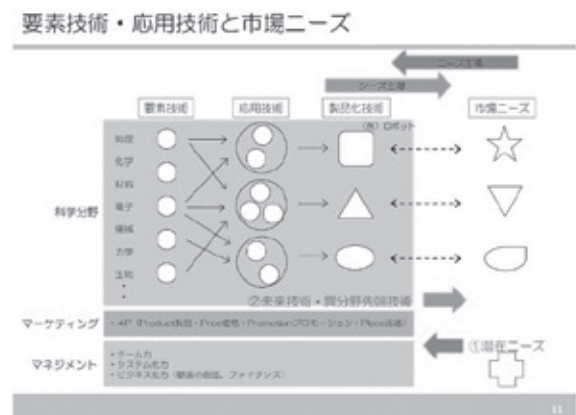


図 14 要素技術・応用技術と市場ニーズに関するスライド

「地域性」を活用してビジネスを展開する「技術」と「地域性」についての関連について解説した。

3 つ目の「求められているグローバル人材とは何かを知る」では、企業が求めるグローバル人材について、企業が実践している実際の企業のグローバル化への取り組み例を紹介しながら、「グローバル競争に勝てる人」の人材像^{32),33)}を示し(図 15), その能力を習得するために、「コミュニケーション能力」, 「異文化の理解」, 「語学力」の鍛錬の必要性を示した。

さらに、国際的視点を養い、企業から求められるグローバル人材の能力を習得するきっかけとなるように、授業では、小グループでのディスカッションを中心とした 2 つのワークショップを行った。

ワークショップ 1 は、「国際的企業の成功と失敗分析」である。具体的には、「写真のデジタル化に関して、実在の 2 つの世界的フィルム会社 A 社と B 社」を題目とし、学生個人の IT デバイスからインターネットを使って瞬時に検索し、チームで分析・検証・まとめを行ってもらった。これは、フェイクを含めた情報が溢れる現在の情報社会の下で、情報ソースの信頼性や複数の優良情報元の確認など、論理的にその情報の確からしきの検証を行うことの重要性に気づきを得ることをねらっている。また、成功・失敗の要因分析では、(1)マーケティングの 4P, (2)イノベーション, (3)その他の要因という分析のフレームワークを示すことで、成功・失敗の要因分析の方法の習得もねらった。

ワークショップ 2 は、「仮想企業の国際戦略を立案する」である。このワークショップでは、「仮想企業において、最有力製品を国際的に展開する戦略を立案する」ことを目的として、チームメンバーが「社長」, 「マーケティング・販売担当役員」, 「製品開発担当役員」, 「製造担当役員」, 「平社員」となり、チームでこの課題に取り組んだ。仮想企業の情報は、その規模や得意とする分野、経営状況などを事前に示している(具体的には、電子、情報製品の企画・開発・製造を得意とする中堅企業で、世界的某 IT 企業を追い越すことを目標とし、ロボット分野に興味がある企業に設定)。また、時間内での成果物は、あらかじめ用意されたフレーム(図 16)に合わせた世界展開戦略と具体的な製品のイメージ図とした。

実際のワークショップでは、各グループとも一定時間、個人のアイデアをポストイットに書き込み、その材料をもとにチームで議論を重ね、提案する具体的な製品のイメージや世界展開戦略づくりを行っていた。これは企業内でも日常的に良く行われているワークショップの方法であり、チームでアイデアを生み出し知識創造を行う方法³⁴⁾として、世界の共通言語的な手法である。学生時代から様々な人とワークショップを行う能力とマナーを養うことは、今後国際的に活躍する人材にとっては不可欠な素養の 1 つであると考えられる。

約 90 分という限られたチームでの集中した活動の結果、どのチームもユニークな成果物を完成

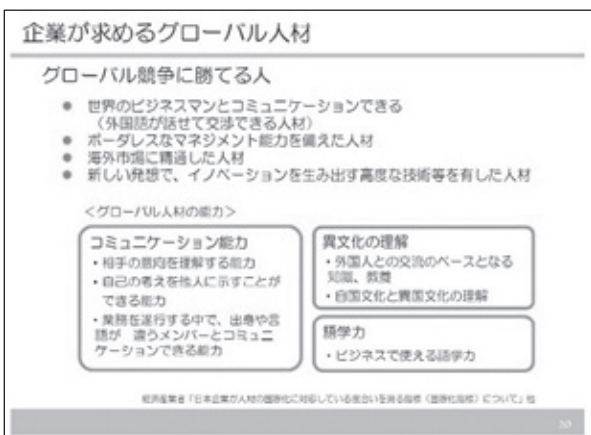


図 15 企業が求めるグローバル人材の例に関するスライド

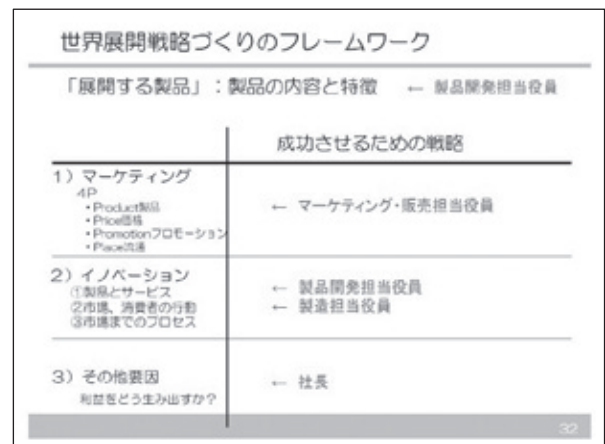


図 16 世界展開戦略づくりのフレームワークに関するスライド

させていた (図 17)。これは、学生への興味の喚起により自主性や積極性を発揮したことと、限られた期限の中での集中力の賜物である。担当講師は、クライアント企業内でこのワークショップを頻繁に開催しているが、この短時間でここまでのアイデアが出せる高専学生の素養とポテンシャルには感嘆させられることが多かった。また、授業を受けた学生も同様に「チームの力」を感じていたようであり、限られた時間で「チームで課題解決に当たる重要性」を理解してもらえたと感じた。さらに、このワークショップは、キャンパス、専門、学年を越えて、それぞれの学生のそれぞれの知識を持ち寄って能力を発揮しており、まさに、特定の課題に対し、7 学科を擁するスーパー高専 (2009 年に高度化再編された、仙台・富山・香川・熊本の 4 校) ならではの、学際を超えた、総合工学的コラボレーション実践の場となっている。

成果物は、各チームによって発表してもらい (図 18)、最も良かったチームを学生全員で選定して表彰を行い、ワークショップ上の「社長」には所信表明演説を行ってもらった。このような授業内で体験・イベント性を持たせることは、参加する楽しさを醸成するとともに、チームでの活動方法とその成果に対する記憶の定着をねらっている。

4 つ目の「今後、何を行うべきかを感じる」では、「今の勉強が何に役立つのか?」、「自分の頭で考えないことがどれだけ危険か?」、「変わらないことがどれだけリスクか?」、「やりたいことや夢を見つけて追いかけることがどれだけ大切か?」

という素朴な問いに対する担当講師の経験や考え方を紹介した。また、講義の最後で、ワークショップで行ったことと実ビジネスでの関係性を解説し、「自学自習」の力を養い、継続的に学習・成長する楽しさと重要性を示すとともに、実社会で生きる力を養成するための情報源となる参考図書を紹介を行った。

これらの 4 つの視点から座学とワークショップという複合的な講義を行い、そこで得た知識や体験を強化する意味で、学生に対し、下記のレポートの提出を求めた (→以降は、そのねらい)。

- ・講義の要点を整理せよ
 - 全体を捉える力の養成
- ・ワークショップのアウトプットを自分なりにさらにブラッシュアップしたものを提出せよ
 - チームで構築した内容を、自ら再検討することで自らの考えを強化
- ・本講義の内容を、今後の学生生活、さらに社会人になったときにどのように生かそうと考えているかを述べよ
 - 具体的な活用方法を考えるきっかけ

講義終了後の学生アンケート (11 名回答) では、5 点満点中全体平均 (3.4 節の項目 (1)~(3) の平均) で 4.6 点という高評価を得、講義に興味を持ったキーワードは、11 名中 5 名が「イノベーション」、「マーケティング」を挙げて最も多く、高専学生の工学知識を国際社会で生かすための基礎となる項目に興味を抱いてもらったことは、特筆すべきである。

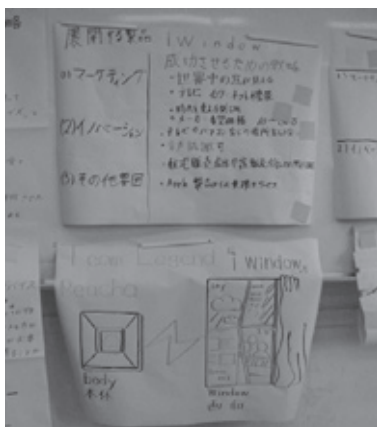


図 17 ワークショップの成果物



図 18 ワークショップでの発表の様子

まとめとして、本講義の構成と実施において、担当講師が特に心掛けたことは下記である。

- ・高専の一般の授業にはない、ユニークな講義とすること
- ・興味を持ち、積極的に聴き入り、参加する内容とすること(新しい発見や体験・経験、参画型、遊び心、エンターテインメント性を持たせること)
- ・学生が自ら考える機会を多く与えること
- ・「人間力」の大切さに気づかせ、チームでの活動の重要性を理解させること
- ・講義の中で、創造性、チーム力、リーダーシップ、自主性・積極性、自ら考える力、プレゼンテーション力の実践の機会とその重要性を気づかせること
- ・厳しさも含めた実ビジネスの世界での価値観を伝えること
- ・今後の成長のため「自学自習力」の重要さへの気づきを醸成すること

5. 授業評価アンケートの自由記述

3.4 節で述べた、本協働科目独自の授業評価アンケートの内、39 名から回答のあった 2015 年度分の講義全体に対する自由記述を、肯定的意見と否定的意見に分けて、表 1 に示す。

表 1 授業評価アンケートの自由記述 (抜粋)

肯定的意見	否定的意見
<ul style="list-style-type: none"> ・他分野の知識を深める良い機会となった。 ・自分の専門とする分野以外の話をたくさん聞くことが出来、実り多かった。 ・いろんな視点から物事を見ることができるようになりました。 ・物の捉え方、考え方を見つめ直す良い機会となった。 ・これからの進学や就職についての説明や知識を得ることが出来た。 ・会社や社会人に求められることや、国外の会社の発展の話に興味を持った。 ・今までよりも、技術者の仕事や必要なスキルの理解が深まった。 ・実習などもあり、楽しく授業を受けることが出来ました。 ・一般的な授業では知ることができないことを知ることが出来た。 ・非常に力が入った講義ばかりで大変分かり易く感じた。非常に面白かった。 ・両キャンパス間の交流ができて良かった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・自分の専門以外の講義は難しかった。 ・全く分からない分野もあったので、かなりしんどい部分がありました。 ・全体的に難易度が易しすぎるように感じた。 ・1日の量が多いのもっと分散して欲しい。

27 名もの学生が「幅広い知識を得られ、視野が広がった」に属する回答を、次いで 13 名の学生が「講義の内容が面白かった」に属する回答をした。その次に多かった 5 名の回答が「両キャンパス間の交流ができて良かった」である。その他、専門基礎科目を 3, 4 年間学び、すぐ先に就職または進学が控える高専 4, 5 年生ならではの、目的意識の高い回答が得られた。一方で、「難易度が高い」が 2 名、「難易度が低い」が 1 名、「1 日の量が多いのもっと分散して欲しい」が 1 名であった。

6. おわりに

社会情勢がめまぐるしく変化する今日、学際分野に積極的に交わり相互理解を深める経験が、高等教育に求められている。このような背景の下で、香川高等専門学校と長岡技術科学大学が協働で開講している、国内外の実務を念頭においた専門科目「技術科学フロンティア概論」について報告した。その学習目標は、複眼的、国際的、戦略的視点を持った技術者の育成である。

本協働科目は、工学の専門基礎知識を修得済みの、高専 4, 5 年生を対象に、総合工学の立場で、座学、演習、卓上実験、実践型ワークショップを取り入れた集中講義形式で実施された。

各講師の多岐にわたる工学の実務経験に基づいて、講義において強調または配慮されたことは、「常識を疑い、工学的に間違った、世の中の実例を鵜呑みにしない」、「クラウドの 3 つの種類について説明できること」、「工学を学ぶことは、何かを開発するだけではなく、時代の変化や要望に柔軟に対応しつつ、我々の身近な生活をより良くすることに繋がる」、「授業内容の振り返りを授業中に小刻みに入れることで、内容の確認を行う」、「国際的ビジネス感覚を身につける元となる視点や考え方の気づきを得る」である。

成果を確認するための指標の 1 つ、学生による授業評価アンケートの結果は良好であり、同時に講師の意図した重要なキーワードを学生がきちんと把握していることが確認された。また、レポートによって、学際的な講義内容を、学生自身の専門と照らし合わせて考える姿勢が見られた。

注

- 1) 卒業後を意味するが、文献¹⁾のまま引用した。
- 2) 文献²⁴⁾の記載どおり、和暦のまま引用した。

謝辞

長年にわたって香川高専技術科学フロンティア概論の協働の最前線でご尽力いただいている、長岡技術科学大学の湯川高志副学長、山口隆司教授、宮下幸雄准教授をはじめ同学関係教職員ならびに香川高専側のとりまとめでお世話になった福永哲也教授、向井将一氏、Julien Sainte 先生ほか同校関係教職員に深く御礼申し上げます。授業評価アンケートに丁寧にご協力いただいた履修学生諸氏に感謝の意を表す。本研究の一部は JSPS 科研費 16K00991 およびアドバンスコース事業の助成を受けた。上記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 大学改革支援・学位授与機構：グローバル人材教育とその質保証—高等教育機関の課題—, pp. 29-31, 135-137, ぎょうせい, 2017.
- 2) 米盛裕二：アブダクション—仮説と発見の論理—, pp. 68-69, 勁草書房, 2007.
- 3) 柘植綾夫：持続可能な科学技術・イノベーション創造立国に向けた教育の再生を—教育と科学技術と社会経済的価値創造の一体的振興のすすめ—, 科学教育研究, Vol. 39, No. 2, pp. 67-76, 2015.
- 4) 経済協力開発機構, 2015 年プロジェクト創設, OECD Future of Education and Skills 2030, 経済協力開発機構ホームページ, <<https://www.oecd.org/education/2030-project/>>, (2019 年 10 月 30 日確認) .
- 5) 高等専門学校機構, 国立高等専門学校の学校制度上の特色, 高等専門学校機構ホームページ, <https://www.kosen-k.go.jp/nationwide/feature/hj_1-12tokushoku.html>, (2019 年 10 月 30 日確認) .
- 6) 市坪誠, 菊池崇志, 山口隆司：高等専門学校と長岡技術科学大学との新しい連携教育, 日本高専学会誌, Vol. 24, No. 2, pp. 23-28, 2019.
- 7) Kazuo Nakamura, Makoto Yamazaki, Yoshifumi

- Jodai, Yoshihiko Shimizu, Makoto Nanko, Yasushi Fukuzawa, Masatoshi Takeda, Takashi Yamaguchi: Advanced Program for Strategic Engineering Promotion with Technical College Collaboration: Its Concept and Initial Stage, Transactions on GIGAKU, Vol. 1, pp. 01003/1-01003/9, 2012.
- 8) 大坂英雄, 藤田重隆, 一宮昌司, 望月信介, 宇都宮浩司, 福島千晴, 亀田孝嗣, 上代良文：流体工学の基礎, pp. iii-iv, 共立出版, 2012.
 - 9) 箕田充志, 原豊, 上代良文：風力発電の本, pp. 125-127, 電気書院, 2018.
 - 10) Pijush K. Kundu, Ira M. Cohen, David R. Dowling, 2012, *Fluid mechanics*, 5th Ed., Academic Press, MA 02451, USA.
 - 11) 日本機械学会：2009 年ホームページ創設, 楽しい流れの実験教室, 日本機械学会流体工学部門ホームページ, 2019 年 10 月アップデート, <<http://www.jsme-fed.org/experiment/index.html>>, (2019 年 10 月 30 日確認) .
 - 12) Nilson Kuniوشي, Judy Noguchi, Kazuko Tojo: Evidence of cultural differences between American and Japanese mainstream science and engineering contexts from analysis of classroom discourse, European Journal of Engineering Education, Vol. 44, No. 4, pp. 535-544, 2019.
 - 13) 上代良文, 木原茂文, 大塚滉也：燃費競技車両周りの流れと抗力に及ぼす最低地上高の影響, 設計工学, Vol. 54, No. 11, pp. 735-744 (DOI: 10.14953/jjsde.2019.2846), 2019.
 - 14) Yoshifumi Jodai, Yoshikazu Takahashi, Masashi Ichimiya, Hideo Osaka: The Effects of Splitter Plates on Turbulent Boundary Layer on a Long Flat Plate Near the Trailing Edge, Transactions of the ASME-Journal of Fluids Engineering, Vol. 130, No. 5, CIDs 051103 (7 pages), 2008.
 - 15) Yoshifumi Jodai, Gerrit E. Elsinga: Experimental observation of hairpin auto-generation events in a turbulent boundary layer, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 795, pp. 611-633, 2016.
 - 16) 福島千晴, 亀田孝嗣, 上代良文, 宇都宮浩司, 角田哲也, 大坂英雄：流体力学の基礎と流体機械, pp. 83-85, 共立出版, 2015.

- 17) 村上幸一：オープンソースソフトウェアのインストール支援システムに関する研究，岡山大学大学院博士論文，2009.
- 18) 佐藤信正：クラウド技術とリッチクライアント/HTML5 の常識，pp. 10-68, 159-188, ソシム，2011.
- 19) 矢持進，小田一紀，柳川竜一，山根和夫，田代孝行，新瀬幾恵：大阪湾湾奥域の環境特性と大型底生動物群集の時系列変化，海岸工学論文集，Vol. 48, pp. 1191-1195, 2001.
- 20) Ryoichi Yanagawa, Susumu Yamochi, Sumiyo Matsuhisa: Nitrogen budget of Artificial Salt Marsh in Inner Osaka Bay, Proceedings of the 13th International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE), Honolulu, pp. 263-267, 2003.
- 21) 矢持進，柳川竜一，橘実典：大阪南港野鳥園湿地における物質収支と水質浄化機能の評価，海岸工学論文集，Vol. 50, pp. 1241-1245, 2003.
- 22) 柳川竜一，矢持進，橘実典：潟湖的地形を有した都市型塩性湿地造成における問題点と解決に向けた提案，海岸工学論文集，Vol. 51, pp. 1196-1200, 2004.
- 23) 柳川竜一，中西敬，高瀬博文，中谷明泰，西田愛実：栄養塩供給手法としての海底耕耘による海底土粒子分布の現地観測および拡散範囲推定，土木学会論文集 B3 (海洋開発)，Vol. 69, No. 2, pp. I_527-I_532, 2013.
- 24) 文部科学省：2009 以前，核融合について，文部科学省ホームページ，登録：平成 21 年以前^{注 2)}，<http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/iter/019.htm>，(2019 年 10 月 30 日確認)。
- 25) ITER Organization: 2019, ITER - the way to new energy, ITER ホームページ，2019 年 10 月 14 日アップデート，<<https://www.iter.org>>，(2019 年 10 月 30 日確認)。
- 26) 菊池崇志：2019，「核融合システム特論」シラバス，長岡技術科学大学ホームページ，2019 年 10 月 17 日アップデート，<https://www.nagaokaut.ac.jp/kyoiku/jyugyou/jyugyou_kamoku/jyugyou_kamoku.html>，(2019 年 10 月 30 日確認)。
- 27) 川田重夫，堀岡一彦，高山健，小栗慶之，長谷川純，菊池崇志：重イオン慣性核融合のためのエネルギードライバー開発の進展，プラズマ・核融合学会誌，Vol. 89, No. 2, pp. 87-118, 2013.
- 28) 西川純：クラスと学校が幸せになる『学び合い』入門，pp. 1-141, 明治図書，2014.
- 29) 小澤健志，木村宗弘，菊池崇志，高橋弘毅，山下哲，鈴木道治：アクティブ・ラーニングによる授業方法の検討—『学び合い』の考え方を基に一，日本高専学会誌，Vol. 22, No. 3, pp. 7-14, 2017.
- 30) Takashi Kikuchi, Satoshi Yamashita, Michiharu Suzuki, Kenji Ozawa, Hiroataka Takahashi, Munehiro Kimura: Study on Relation between Level of Understanding and Difficulty of Problem by Network Visualization of Questionnaire for Active Learning Class in Basic Mathematics Training for Electrical Engineering, Proceedings of the 2017 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, Taipei, WeC1. 3, pp. 589-594, 2017.
- 31) Takashi Kikuchi, Satoshi Yamashita, Michiharu Suzuki, Kenji Ozawa, Hiroataka Takahashi, Munehiro Kimura: Comparative Study of Passive and Active Learning Classes in Basic Mathematics Training for Electrical Engineering, Proceedings of the 2016 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, Sapporo, WeP2C. 2, pp. 838-843, 2016.
- 32) 経済産業省：2009，日本企業が人材の国際化に対応している度合いを測る指標（国際化指標）について，経済産業省ホームページ，2009 年 4 月，<https://www.meti.go.jp/policy/economy/jinzai/kokusaika-sihyo/kokusaika_sihyo.pdf>，(2019 年 10 月 30 日確認)。
- 33) ダニエル・ピンク(著)，大前研一(訳)：ハイコンセプト「新しいこと」を考え出す人の時代，pp. 9-117, 三笠書房，2005.
- 34) ウイリアム・ペーニャ/スティーブン・パーシャル(著)，溝上裕二(訳)：プロブレム・シーキング 建築課題の発見・実践手法，pp. 46-62, 彰国社，2003.