

テーマ：新たな技能・技術領域の職業能力開発に必要な専門知識・技能・技術及び指導方法に関する調査・研究

副題：環境エネルギー技術をアクティブラーニングで学ぶ訓練効果の検証と継続的改善

所属施設 独立行政法人 高齢・障害・求職者雇用支援機構
執筆者 山中 裕二（四国職業能力開発大学校）

第 1 章 まえがき

電気エネルギー制御科は電気技術，環境エネルギー技術，制御技術の三本の柱で構成されている．その中で，環境エネルギー技術はエネルギー資源の枯渇問題や地球環境保全の観点から，特に重要な科目に位置づけられている．現在，職業訓練指導員（以下，指導員という）が行っている指導法において，学科は一般的な講義形式で授業を進め，実習は事前に概要を説明した後に実習に取り組んでもらう，というのが主流である．しかし，近年の理工系離れや少子化による学生数の減少や，ゆとり教育等の影響により，年々学生のレベルが下がってきており，十分な訓練効果が得られなくなっている．そのため講義と実習を明確に線引きする従来の訓練では対応が難しく，新しい訓練アプローチが必要になってきている．

本論文では，深い学びを実現する教育手法として注目されているアクティブラーニング^{[1][2]}を，環境エネルギー技術訓練に導入した効果を述べる．アクティブラーニングでは，グループによる試行錯誤による知識活用を通して，背後にある本当の意味と対話能力を学んでいく．

従来訓練を実施した平成 27 年度は座学 3 名，実習 1 名の不合格者が存在した．アクティブラーニングを導入した新しい訓練を実施することで，全員の合格を目標とする．また，知識と技術を融合させながら理解を深めていくことで，職業に必要な職務遂行能力を向上することができるようになる．

第2章 環境エネルギー技術訓練

2.1 環境エネルギー技術の概要

エネルギー資源の枯渇問題や地球環境保全^[3]の観点から、環境エネルギー技術は今後技術革新で柱となる技術である。環境エネルギー技術を備えた技術者はエネルギー技術者と呼ばれている。

図1にエネルギー技術者の概念地図^{[4][5]}を示す。

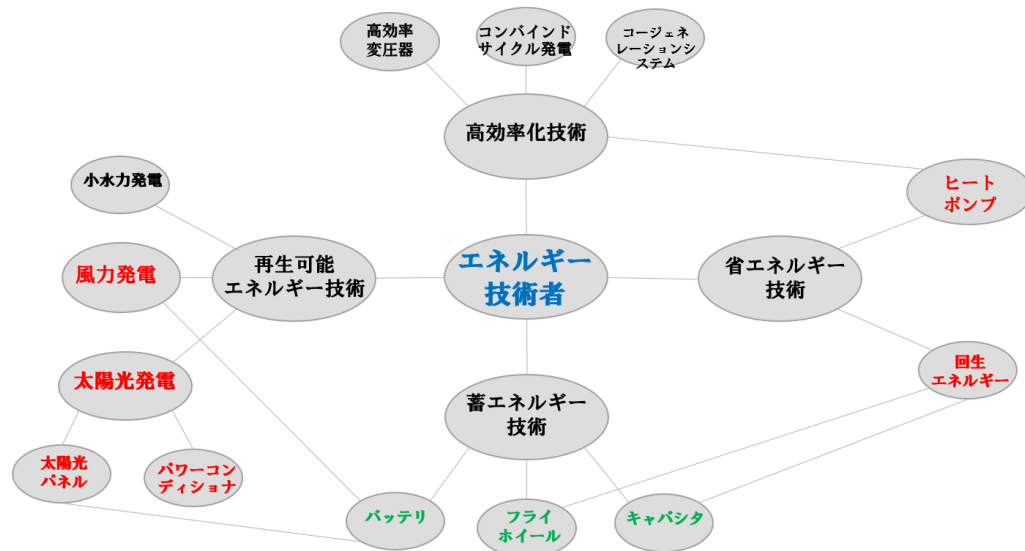


図1. エネルギー技術者の概念地図

エネルギー技術者には、再生可能エネルギー技術、高効率化技術、省エネルギー技術、蓄エネルギー技術の4分野の技術が要求される。

エネルギー技術者の育成は専門課程において、環境エネルギー工学・環境エネルギー実験の2つの専門科目によって構成されている。

学生は、以下の内容で環境エネルギー技術について習得する。

(1) 太陽光発電および風力発電の実習により、再生可能エネルギー技術を習得する。

(2) ヒートポンプの実習により、高効率化技術を習得する。

(3) ヒートポンプおよび回生エネルギーの実習により、省エネルギー技術を習得する。

(4) 各実習に付属するバッテリー、キャパシタ、フライホイールといった要素により、蓄エネルギー技術を習得する。

3分野4要素について学ぶことで、エネルギー技術者に必要な技術的能力、一般的能力、重要事項の知識を習得する。その結果として得られる職務遂行能力と期待する学びの結果^{[6][7]}を表1に示す。

表 1. 職務遂行能力と期待する学びの結果

分野	要素	技術的能力	一般的能力	重要事項	学習結果
再生可能 エネルギー 技術	太陽光発 電	太陽光パネ ルの特性を 理解してい る パワーコン ディショナ の機能を理 解している	チームワー ク：統合と 同一ゴール への協同作 業 ・安全：充 電部に気を 付けて安全 に作業が できる	・I-V 特性 ・P-V 特性 ・温度特 性 ・MPPT 機 能 ・逆潮流	L01： 太陽光パ ネルの特 性の理解 L02：パワ ーコンデ ィショナ の理解
	風力発電	風力発電の 特性を理 解してい る	チームワー ク：統合と 同一ゴール への協同作 業	N-P 特性 v-P 特性	L03： 風力発電 の特性の 理解
高効率化 技術	ヒートポン プ	ヒートポン プについて 理解してい る	チームワー ク：統合と 同一ゴール への協同作 業	・冷凍サ イクル ・モリエ ル線図	L04： ヒートポ ンプの原 理と冷凍 サイクル の理解
省エネル ギー技術					
	回生エネ ルギー	回生エネル ギーにつ いて理 解してい る	チームワー ク：統合と 同一ゴール への協同作 業	・フライ ホイール ・回生エ ネルギー	L05： 回生エネ ルギーの 理解

2.2 環境エネルギー訓練へのアクティブラーニングの適用

アクティブラーニングについては、様々な定義が存在する^[1]。

アクティブラーニングについて定義したボンウェルとアイソンの著書^[8]は、アクティブラーニングについて整理した先駆的著書であり、今でも最も引用される論文の1つである。この論文では、アクティブラーニングの一般的特徴として以下の点が挙げられている。

- (a) 学生は、授業を聴く以上の関わりをしていること。
- (b) 情報の伝達より学生のスキル育成に重きが置かれていること。
- (c) 学生は高次の思考（分析，総合，評価）に関わっていること。
- (d) 学生は活動（例：読む，議論する，書く）に関与していること。
- (e) 学生が自分自身の態度や価値観を探究することに重きが置かれていること。

その上で、アクティブラーニングを「学生にある物事を行わせ、行っている物事について考えさせること」と定義している。

また、溝上は「一方的な知識伝達型講義を聴くという（受動的）学習を乗り越える意味での、あらゆる能動的な学習のこと。能動的な学習には、書く・話す・発表するなどの活動への関与と、そこで生じる認知プロセスの外化を伴う」と定義している^[1]。

アクティブラーニングは包括的な用語であり、どの専門分野の専門家・実践家にも納得してもらえような定義付けは不可能である^[1]。

これまでのアクティブラーニングの実践論文は、単独コースの取り組みが多い。4つの必修科目を統合してアクティブラーニングを実施していた報告もある^[7]。本研究では、2つの必修科目を跨いで、これまでの学科と実習を統合したアクティブラーニングを開発した。環境エネルギー技術を習得するための専門科目である、環境エネルギー工学の2単位（座学）および環境エネルギー実験の2単位（実習）を統合した手法について報告する。

本研究の特徴は、これまでの教育方法の発想を転換し、実習を先に実施したのち、座学を実施する訓練構成、とした点にある。これにより学生は、先に実習装置を見て触れることにより、訓練対象のイメージができてから、理解を進めることができるため、理解度が高まる。

第3章 アクティブラーニングの設計

3.1 アクティブラーニングの特徴

平成 27 年度までの訓練は，座学を講義形式で，実習はグループ形式で時間割通りに実施していた．本研究では，平成 28 年度は座学と実習を統合し，実習先行型の訓練を実施した．

また，代表的な仕事に座学と実習を結びつけた．このような訓練設計をして，アクティブラーニングで実施した．図 2 に，代表的な仕事を想定した実践課題を示す．



図 2. 実践課題（一部抜粋）

2030年に全ての新築に導入したい、と国が普及を進めている、「ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）」を課題に選定した．これは、住宅内の

エネルギー消費を抑え、同時にエネルギーを創ることで、家庭内でのエネルギー消費を、差し引きでゼロにする住宅のことをいう。ネット・ゼロ・エネルギーハウスの設計・提案を代表的な仕事として、訓練の到達目標に設定する。

実施する訓練は、5つのステージにわかれている。5つのステージを「ネット・ゼロ・エネルギーハウスの設計・提案」という最終ゴールに向かって、座学と実習を関連付ける訓練展開で実施する。これにより、環境エネルギー技術に関する知識の関連性が理解できるようになる。

5つのステージの訓練内容の詳細を表2に示す。

表 2. 訓練内容の詳細

オリエンテーション（全体像の概念理解）		
S1: 太陽光 パネル 特性	実習	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光パネルのPV効率について ・太陽光パネルの一部に日陰が生じた場合のPV効率について
	座学	<ul style="list-style-type: none"> ・動画を活用した小講義 ・環境エネルギーの基礎知識（小テスト1～3） ・太陽光パネルの仕組み ・太陽光発電システムの全体構成 ・PV効率の演習課題（小テスト4）
S2: パワー コンディ ション 評価	実習	<ul style="list-style-type: none"> ・開放電圧、短絡電流などをパラメーターに太陽電池パネルの発電性能をシミュレーション ・太陽電池パネルの直並列接続 ・太陽光パネルの一部に日陰が生じた場合のI-V特性とP-V特性について ・パワーコンディショナの変換効率について ・単独運転防止機能の動作
	座学	<ul style="list-style-type: none"> ・動画を活用した小講義 ・パワーコンディショナの仕組み ・パワーコンディショナの主要な機能の理解
S3: 風力 発電 特性	実習	<ul style="list-style-type: none"> ・風力発電装置のパワー係数の評価 ・発電電力と風速について ・風車の理論出力の評価
	座学	<ul style="list-style-type: none"> ・動画を活用した小講義 ・風力発電の仕組み ・風力発電の全体構成 ・自然エネルギーの概要（小テスト5）
S4: ヒート ポンプ 概要	実習	<ul style="list-style-type: none"> ・モリエル線図に冷凍サイクルを描画 ・冷房サイクル時および暖房サイクル時の成績係数の評価 ・冷房能力および暖房能力の評価
	座学	<ul style="list-style-type: none"> ・カットモデルを活用した小講義 ・ヒートポンプの仕組み ・ヒートポンプを構成する機器の理解 ・ヒートポンプの成績係数および冷暖房能力の演習問題（小テスト6）
S5: 回生 エネ ルギー 概要	実習	<ul style="list-style-type: none"> ・コンデンサ上昇電圧の評価 ・エネルギーの変換効率の評価 ・変換効率の上昇方法
	座学	<ul style="list-style-type: none"> ・動画を活用した小講義 ・回生エネルギーの仕組み ・省エネルギー技術と高効率技術の課題（小テスト7）

3.2 アクティブラーニングの展開

授業の第一段階として、職業の概要理解のためのオリエンテーションを実施する。環境エネルギー技術は、知識が広い分野に分散しており、知識同士の関連性を理解するのが難しい分野である。そのため、これまでの実習では単に手だけを動かす学生が多く存在した。授業において知識同士の関連性を丁寧に伝え、学生が理解することで、学生の授業への取り組みがより主体的なものとなる。

オリエンテーションは、シラバスの提示、背景理解用課題、概念地図の説明、実践課題の提示・説明によって構成する。これにより授業内容の全体像の概念理解ができるようになる。

図3に背景理解用課題^[6]を示す。これにより、現在人類の抱える地球規模の問題と、これから授業で学んでいく全体概要を理解することができる。

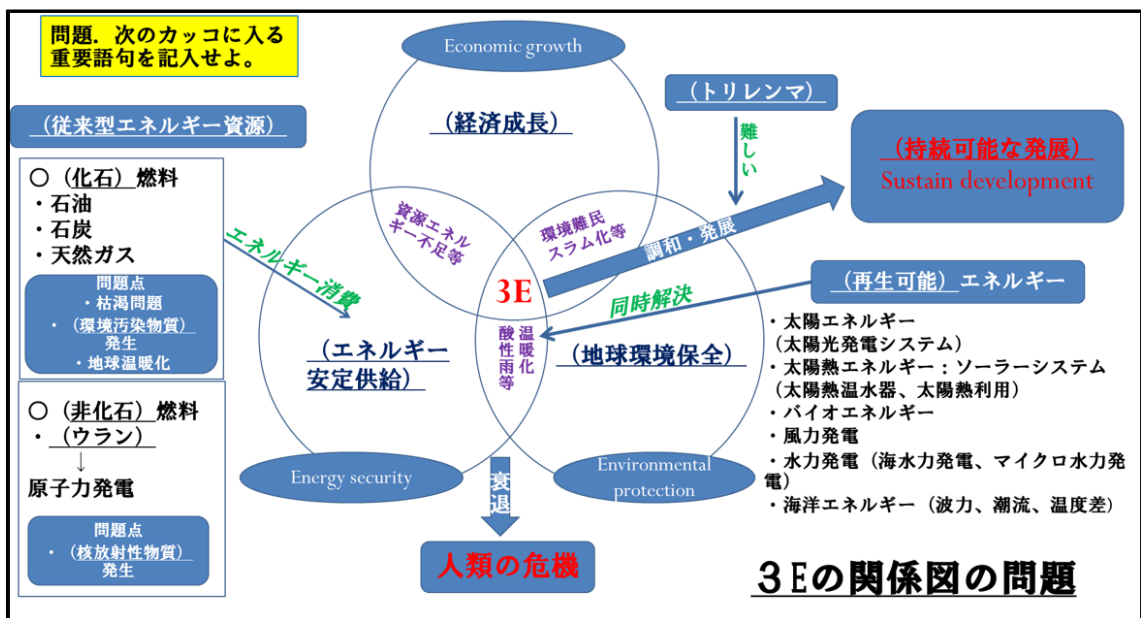


図3. 背景理解用課題例

授業の第二段階として、職業の技術理解のための実習を実施する。

学生は、実習前の小講義により、必要となる最低限の知識を得てから実習に取り組む。図4に環境エネルギー実験（ヒートポンプ実験）の様子について示す。学生は3～4名のグループを組み、グループ単位で各作業（タスク）を進めていく。



図 4. 環境エネルギー実験（ヒートポンプ実験）の様子

このアクティブラーニングは学生が主体となり，各ステージの課題に取り組んでいく．学生は課題を達成する解決策を主体的に考えなければならない．

表 3 に，プロジェクトのステージとタスク^{[6][7]}について示す．表 5 は事前に学生に配布することで，学習の意図と必要な結果の判断基準を明確にすることができる．

表 3. プロジェクトのステージとタスク

ステージ	必要条件	必要機器	測定装置	結果の確認	評価	学習結果
S1: 太陽光パネル 特性	・天候が良いこと ・屋外に広い スペースが取れる	・太陽電池 モジュール ・充電コントローラ ・トランスジューサ ・電流検出用 抵抗器 ・インバータ ・12Vバッテリー ・パソコン ・表計算ソフト	・日射計 ・データロガー	・データロガー の取得データを 表計算ソフトに 取り込みグラフ 化する。	・エネルギー の変換効率 について計 算できた か？	LO1: 太陽光パネ ルの特性の 理解
S2: パワーコンディ ション評価	・単相100/200V 電源がある ・三相200V電源 がある	・パソコン ・太陽電池模擬 ソフトウェア ・GPIB-USB変換 アダプタ ・直流電源装置 ・パワーコンディ ション ・負荷装置	・デジタルパ ワーメータ ・オシロスコープ	・実験により、 データを正しく 取り、グラフ・表 を正しく作成す る。	・MPPT機能 について説 明できる か？ ・電力変換 効率を導き 出すことがで きたか？	LO2: パワーコン ディションの 理解
S3: 風力発電特性	・三相200V電源 がある ・風の流れを妨げ ない広いスペー スがある	・屋内風力発電 実験装置 ・12Vバッテリー ・パソコン ・表計算ソフト	・電圧計 ・電流計 ・回転数計 ・風速計 ・テスタ	・実験により、 データを正しく 取り、グラフ・表 を正しく作成す る。	・風速と発電 電力の関係 を導き出す ことができた か？	LO3: 風力発電の 特性の理解
S4: ヒートポンプ 概要	・単相100V電源 がある ・外気の影響を受 けない	・ヒートポンプ 実験装置 ・モリエル線図	・圧力計 ・サーモグラフィ	・実験結果を基 にモリエル線図 に冷凍サイクル を描く。	・モリエル線 図から成績 係数を求め ることができ たか？	LO4: ヒートポンプ の原理と冷 凍サイクルの 理解
S5: 回生エネルギー 概要	・単相100V電源 がある ・フライホイールの 回転振動に耐 える環境がある	・実験用AC サーボモータ ・フライホイール ・電気二重相 コンデンサ ・電力回生機能 付電源 ・インバータ ・パソコン ・回生システム 専用ソフト ・表計算ソフト	・専用計測装置 ・電圧計 ・電流計	・モータの回転 数、電源電圧、 電源電力、イン バータ出力電力 の関係をグラフ で表す。	・エネルギー 変換効率を 導き出すこと ができた か？	LO5: 回生エネル ギーの理解

ステージ 1 及びステージ 2 により、太陽光発電の要素について学ぶ。ステージ 3 によって、風力発電の要素について学ぶ。これにより再生可能エネルギー技術の分野について習得する。ステージ 4 で、ヒートポンプの要素を学ぶ。これにより高効率技術および省エネルギー技術を学ぶ。

ステージ 5 で回生エネルギーの要素を学ぶ。これにより省エネルギー技術の分野について習得する。

実習に入る前に小講義を実施する。小講義は自学自習をフォローするもので、それまでに学校で学んだ知識とどのような関連性があるか、実際の職業とどのように関連性があるかを説明する。この過程において、指導員

は、ファシリテーターの役割となり、活発的な対話や課題解決を促進する。指導員は、学びの間サポートしながら、各段階の終わりに学生の理解度を確認し、学生の質問や生じた問題点に対応していく。この訓練手法の目的は、学生をやる気にさせながら、無駄な受身の態度をなくすことにある^[6]。各ステージで、グループで協調学習を用意して、問題解決能力とチームワーク力を開発する。

表4に、各ステージの最終問題と評価方法^{[6][7]}を示す。グループごとに各ステージの最終問題を考えてもらう。学生は実験結果と考察結果をまとめて、組織の役割とタスクの完全性、レポートのわかりやすさと正確性、実験内容の理解といった3つの評価項目をおさえたレポートを1人1通提出してもらう。

表 4. 各ステージの最終問題と評価項目

各ステージの最終問題（最後にグループで話し合う問題）	
S1: 太陽光パネル特性	データから、PV 効率を求められるか？ 日射量と PV 効率についての関係は？
S2: パワーコンディショナ評価	太陽電池パネルの発電性能に開放電圧・短絡電流、曲線因子がどのような影響をおよぼすか？ 複数枚の太陽電池パネルを接続する際の留意点は何か？ 太陽光パネルの一部に日陰が生じた場合に出力特性にどのような影響が生じるか？ MPPT の実現方法である山登り法の問題点は何か？ 単独運転防止機能はなぜ必要か？
S3: 風力発電特性	風力発電装置のパワー係数が求められるか？ 発電電力と風速にはどのような関係があるか？ 負荷抵抗が変化すると回転数がどう変わるか？ 風車の理論出力が求まるか？ 負荷抵抗の変化によって負荷電流の特性がどのように変化するか？
S4: ヒートポンプ概要	モリエル線図に正しい冷凍サイクルが描けるか？ 冷房サイクル時の成績係数が求められるか？ 暖房サイクル時の成績係数が求められるか？ 冷房能力が求められるか？ 暖房能力が求められるか？
S5: 回生エネルギー概要	コンデンサの電圧の上昇値はどのようになるか？ 実験データにより、エネルギーの変換効率はどのようになるか？ 変換効率を上げるにはどのようにすればよいか？
三つ評価項目を考慮した最終問題レポート作成	
組織の役割とタスクの完全性： 実験を進めるにあたって、学生同士でコーディネートしながら、プラン作り、リフレクション（内省）、スケジュールに応じたタスクの割り当てが行われたか？	
レポートの分かりやすさと正確性： 正しい言葉で説明しているか？ すべての質問をグラフと表を使っているか？	
実験内容の理解： 結論を導きだしているか？各ステージの要求を満たしているか？学習内容と概念の関係を理解しているか？	

授業の第三段階として、職業の知識理解のための座学を実施する。座学では、動画やカットモデルを活用した短時間の小講義を実施する。その後、理解度確認用課題に取り組んでもらい、実習で学んだ専門用語等の知識を

整理する． 図 5 に専門用語理解のための理解度確認用課題例^[6]を示す．

標準冷凍サイクルの p-h 線図(破線)と実際の一段圧縮冷凍サイクルの p-h 線図(実線)を図に示す．標準冷凍サイクルの p-h 線図(破線 12341)で、1→2 が(圧縮)過程((等エントロピー) 変化)、2→3 が(凝縮)過程((等圧) 変化)、3→4 が絞りによる膨張((等エンタルピー) 変化)、4→1 が(蒸発)過程((等圧) 変化)、である。

冷媒 1kg 当り蒸発器内で吸収する熱量は、 $q_L = h_1 - h_4$ 、圧縮に要した仕事は $l = h_2 - h_1$ であるから、(動作係数) ((成績係数) と呼ぶ場合もある) の(COP) (coefficient of performance) の理論値は冷媒の場合。

図 5. 理解度確認用課題例 (専門用語の理解)

また、計算問題がある場合は、練習問題に取り組んでもらう． 1 回だけでなく、複数の練習問題に取り組み、定着度を高めていく． 図 6 に計算問題のための理解度確認用課題例を示す．

次の冷凍サイクルについて、下記設問に答えよ。

蒸発温度：0[°C]

凝縮温度：50[°C]

圧縮器吸入前の比エンタルピー h_1 ：430[kJ/kg]

圧縮器の吐出ガスの比エンタルピー h_2 ：475[kJ/kg]

膨張弁前の比エンタルピー h_3 ：270[kJ/kg]

膨張弁後の比エンタルピー h_4 ：270[kJ/kg]

圧縮器の吐出ガス温度：80[°C]

圧縮吸い込み量：0.0003[m³/s]

圧縮器の吸入ガスの比体積：0.035[m³/kg]

1. COP について答えよ。

冷房サイクル時の COP：

暖房サイクル時の COP：

図 6. 理解度確認用課題例 (計算問題)

3.3 評価用ルーブリック

近年の教育現場では、教育の評価を教育効果向上に役立てる流れにある．グループ学習における評価基準を、事前に示すことにより学習者は評価基準を頼りに行動することができる．本研究では、ルーブリックの活用^[9]による、学生の主体性向上を目標とする．

表 5 に組織の役割とタスクの完全性^{[6][7]}のルーブリックを示す。これは実習での評価基準となるルーブリックであり、学生に事前に示すことで、実習での取り組み姿勢が向上すると考えられる。

表 5. 組織の役割とタスクの完全性のルーブリック

基準	基準の説明	優	良	可	不可
主体性・積極性	作業に主体的・積極的に取り組んでいるか？	リーダーシップを発揮し、主体的・積極的に作業を進めた。	主体的・積極的に作業を進めた。	他人に言われた作業しかなかった。	他人に作業を任せ、全く作業に参加しなかった。
協調性	他人との協調を図りながら、実習を進めているか？	他人と積極的に協調を図り、実習を進めた。	他人と協調を図り、作業を進めた。	場合によっては、他人と協調を取った。	他人と一切話をしなかった。
作業効率性	実験内容をしっかり理解し、効率よく作業しているか？	的確な割り当てを行い、正しく効率的に作業を行った。	作業の割り当てを行い、正しく作業を行った。	作業が効率的でない、または実験内容の間違いにより、再実験を行った。	実験内容が間違っていた。
安全作業	安全に作業を進めているか？	不安全行為なく、作業を進めた。	軽微な不安全行為を1～2回行った。	重大な不安全行為または軽微な不安全行為を3回以上行った。	ケガや機器破損を伴う重大な事故を起こした。
レポート提出状況	提出期限を守って提出しているか？	提出期限内の提出。	1日以内の遅延。	1週間以内の遅延。	1週間を超える遅延。

表 6 にレポートの分かりやすさと正確性^{[6][7]}および実習内容の理解^{[6][7]}についてのルーブリックを示す。これは実習のレポートで使った評価基準となるルーブリックである。ルーブリックを事前に提示することで、学生はこれらを意識しながらレポートを書くようになり、レポートの点数が向上すると考えられる。

表 6. レポートの分かりやすさと正確性および実習内容の理解についてのルーブリック

基準	基準の説明	優	良	可	不可
文章の正確性	誤字・脱字がなく、段落も明確で読みやすい文章をかくことができるか？	誤字・脱字もなく、段落も明確につけてある。	誤字・脱字が1～2箇所あるか、段落が不明確な箇所が1～2箇所ある。	誤字・脱字が3～4箇所あるか、段落が不明確な箇所が3～4箇所ある。	誤字・脱字が5箇所以上あるか、段落が不明確な箇所が5箇所以上ある。
文章のわかりやすさ	要点を抑えて、長すぎず、短すぎない文章をわかりやすく書いているか？	読みやすい文章で丁寧にかかれている。	読みやすい文章だが、読み直す必要がある。	読みにくい文章で、自己解釈しないと意味がわからない。	文章をなしていない。
表・図の作成	丁寧に書かれているか？	番号・タイトル・項目・単位等の書き忘れが全くない。	番号・タイトル・項目・単位等の書き忘れが1～2箇所ある。	番号・タイトル・項目・単位等の書き忘れが3～4箇所ある。	番号・タイトル・項目・単位等の書き忘れが5箇所以上ある。
考察の説明	考察を正しく理解し、根拠に基づき、論理的な説明をしているか？	根拠に基づき、論理的かつ正確な説明をしている。	根拠に基づき、論理的かつ正確な説明をしているが、一部おかしな点がある。	根拠に基づいた論理的な説明が不十分で、明らかにおかしな点がある。	全く根拠に基づいた論理的な説明になっていない。
職業との関連性	実験内容と職業との関係が理解しているか？	実験内容と職業との関係を正しく理解している。	実験内容と職業との関係を理解しているが、一部おかしな点がある。	実験内容と職業との関係の理解が不十分で、明らかにおかしな点がある。	実験内容と職業との関係を全く理解していない。

第4章 実証結果

4.1 訓練の評価方法

評価対象者は、四国職業能力開発大学校の電気エネルギー制御科の学生とする。アクティブラーニング導入前の評価は、平成27年度の2年生19名とする。アクティブラーニング導入後の評価は、平成28年度の2年生16名、平成29年度の2年生16名の計32名とする。

評価項目は、座学成績、実習成績により評価した。座学については、単元ごとに実施される小テスト7回、提出課題により評価した。実習は、各ステージの実習成績を100点満点で評価した平均値とした。実習は、実習機器と時間の都合により、例年3名の指導員によって実施している。実習の評価は、3名の指導員がそれぞれ行う。

表5および表6のルーブリックを評価基準として、実習の訓練評価を行った。

4.2 訓練効果

アクティブラーニングによる学びの効果を、アクティブラーニング導入前である平成27年度学生と、導入後の平成28年度および平成29年度の学生の成績により比較する。

表7に座学の成績、図7に座学の成績比較結果を示す。成績比較には、外れ値を考慮した箱ひげ図を用いた。

表7. 座学の成績

座学 (100点満点)	H27 (導入前)	H28 (導入後)	H29 (導入後)
最高点(点)	97.9	98.7	93.0
中央値(点)	75.2	93.5	80.0
最低点(点)	42.3	60.7	60.2
平均値(点)	75.0	90.4	80.0
学生数(人)	19	16	16

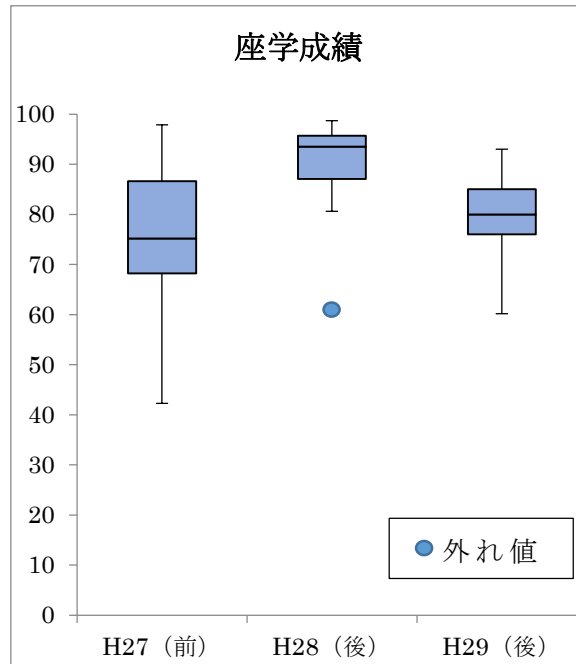


図 7. 座学の成績比較

アクティブラーニング導入前の平成 27 年度を基準とし、アクティブラーニング導入後の平成 28 年度、平成 29 年度と成績を比較した。中央値は平成 28 年度 18.3 点、平成 29 年度は 4.2 点向上した。最低点は、平成 28 年度は 18.4 点、平成 29 年度は 17.9 点向上した。今回構成したアクティブラーニングを導入することにより、座学成績の中央値、最低点において、いずれも向上が確認できた。

特に、最低点についてアクティブラーニング導入後は、いずれも及第点である 60 点を超える結果となった。

最高点については、明らかな向上傾向はみられなかった。平成 28 年度は 0.8 点増、平成 29 年度は 4.9 点減という結果になった。平成 29 年度の最高点の減少について、以下の 2 点が原因として考えられる。

(1) 学生の基礎学力の低下。

授業全般において、平成 27 年度の上位学生と比較して成績の良い平成 29 年度学生が少なかった。

(2) 競争心の低下。

平成 27 年度は成績上位者 2 名が、小テスト毎に成績トップを競っている姿が見受けられた。アクティブラーニングの場合は、グループみんなで課題や作業を進めていくので、競争心が失われてしまう可能性がある。

表 8 に各ステージの実習成績^{[6][7]}を示す。表 9 に実習成績を示す。図 8 に実習の成績比較結果を示す。成績比較には、外れ値を考慮した箱ひげ図を用いた。

表 8. 各ステージの実習成績

各ステージの最終問題 (最後にグループで話し合う問題)		H27 平均点 (100点 満点)	H28 平均点 (100点 満点)	H29 平均点 (100点 満点)
S1: 太陽光 パネル 特性	データから、PV 効率を求められるか？ 日射量と PV 効率についての関係は？	80.0	80.0	82.5
S2: パワー コンディ ション 評価	太陽電池パネルの発電性能に開放電圧・短絡電流、 曲線因子がどのような影響をおよぼすか？ 複数枚の太陽電池パネルを接続する際の留意点は 何か？ 太陽光パネルの一部に日陰が生じた場合に出力特 性にどのような影響が生じるか？ MPPT の実現方法である山登り法の問題点は何か？ 単独運転防止機能はなぜ必要か？	64.2	88.8	76.3
S3: 風力 発電 特性	風力発電装置のパワー係数が求められるか？ 発電電力と風速にはどのような関係があるか？ 負荷抵抗が変化すると回転数がどう変わるか？ 風車の理論出力が求まるか？ 負荷抵抗の変化によって負荷電流の特性が どのように変化するか？	52.6	100.0	86.3
S4: ヒート ポンプ 概要	モリエル線図に正しい冷凍サイクルが描けるか？ 冷房サイクル時の成績係数が求められるか？ 暖房サイクル時の成績係数が求められるか？ 冷房能力が求められるか？ 暖房能力が求められるか？	83.7	93.1	82.5
S5: 回生 エネルギー 概要	コンデンサの電圧の上昇値はどのようになるか？ 実験データにより、エネルギーの変換効率は何のよ うになるか？ 変換効率を上げるにはどのようにすればよいか？	63.2	100.0	83.1

表 9. 実習成績

各実習 (100 点満点)	H27 (導入前)	H28 (導入後)	H29 (導入後)
最高点(点)	94.0	96.0	95.0
中央値(点)	72.0	92.0	84.5
最低点(点)	16.0	78.0	53.0
平均値(点)	68.7	92.1	82.1
学生数(人)	19	16	16

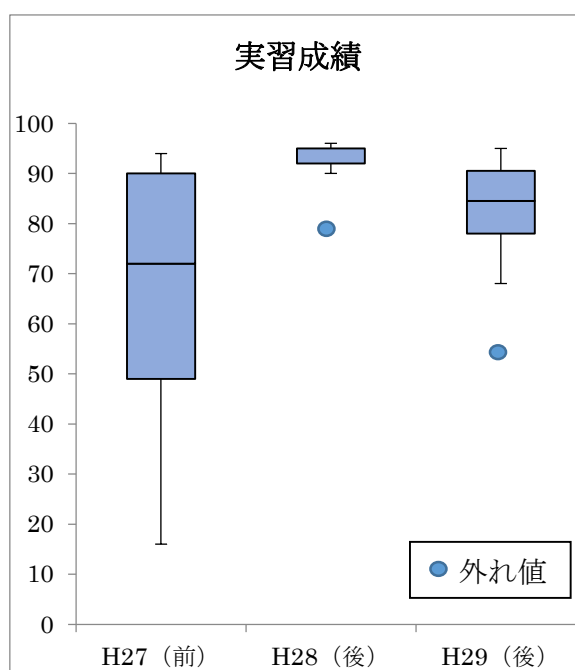


図 8. 実習の成績比較

アクティブラーニング導入前の平成 27 年度を基準とし、アクティブラーニング導入後の平成 28 年度、平成 29 年度と成績を比較した。中央値は平成 28 年度 20 点、平成 29 年度は 12.5 点向上した。最低点は、平成 28 年度は 62 点、平成 29 年度は 37 点向上した。最高点は、平成 28 年度は 2 点増、平成 29 年度は 1 点増と大きな変化は見られなかった。今回構成したアクティブラーニングを導入することにより、実習成績の中央値、最低点において、いずれも大幅な向上が確認できた。

ステージ 3 とステージ 5 について、アクティブラーニング導入前は、考察を考慮することができず、レポートが提出できなかつた学生が存在した。今回構成したアクティブラーニングを導入することにより、前提知識の理解度を高め、最終問題をグループで話し合うことで更に理解を深め、レポートの提出状況が飛躍的に向上したため、大幅に成績が向上した。

図 7, 図 8 を確認すると, 平成 28 年度は座学, 実習に外れ値の学生が 1 名 (同一学生), 平成 29 年度は, 実習に外れ値の学生が 1 名いるが, これらの学生は四国能開大で確認している配慮の必要な学生である. いずれの学生もコミュニケーションを取るのが苦手である. 本学生が存在するグループでは, グループワークが他グループと比較すると活発化していなかった. このような学生のいるグループのグループワークを, いかに活発化させることができるかが, アクティブラーニング導入への課題である.

以上の結果から, アクティブラーニング導入前後の学生の成績には, 大きな違いがあることがわかる. 特に, 各評価項目における中央値と最小点が大幅に上昇している.

4.3 訓練効果の検定

アクティブラーニングを導入することによる訓練効果の有意差を確認するため, 検定を行う. 検定には t 検定^[10]を使用した. 平成 27 年度の学生と平成 28 年度, 平成 29 年度の学生の成績データについては, 相互の間には個別の対応がないため, 「対応の無い場合の t 検定」を用いた.

表 10 に実習・座学成績の t 検定の結果を示す.

表 10. 実習・座学成績の t 検定の結果

対象	導入	年度	学生数	平均点	標準偏差	p 値
座学	前	H27	19	75.0	15.2	1.73E-02 *
	後	H28,H29	32	85.2	10.2	
実習	前	H27	19	68.7	23.4	4.32E-03 **
	後	H28,H29	32	87.1	9.65	

**p<.01

*p<.05

座学では 5%有意水準で, 実習では 1%有意水準で有意差が認められ, 環境エネルギー技術をアクティブラーニングで学ぶことで高い訓練効果があることが確認できた.

第5章 他の訓練への展開に関する提案

この研究を通して、アクティブラーニングの概念及び有効性と、授業展開に関する視点を身につけることが出来た。このアクティブラーニングを展開する為に多大な時間を要して、授業の設計、資料の作成、評価を行ってきたが、これと同じだけの準備を行い、各授業に適用するのは現実的ではない。ここでは、今回導入したアクティブラーニングの中で、今後他の授業へ取り入れ易い効率的な訓練方法について提案する。

(1) 更なる実学融合教育

一般的に大学は、学科と実習が完全に切り離された時間割となっているのが通例である。しかし、座学の時間は、集中力が途切れる学生も多く、緊張感が無く聴いていても、理解が定着しない。そこで、ポリテクセンターの離職者訓練のように、学科と実習が融合したユニット制のような授業展開していくことが有効である。実習の時間は、話を聴いていないと、実習を進めることが出来ない。大学校では、実学融合教育を謳っているところが多いが、更に学科と実習を一体化した授業とする。現在、四国能開大学の電気エネルギー制御科では、学科と実習を同一日の時間割とし、学科と実技の垣根を無くした授業展開をしている。また、座学のみ授業であっても簡単な実習を取り入れるようにしている。

(2) 教員による説明を簡略する

アクティブラーニング導入前は、講義で丁寧に教えていたつもりであった。ところが、アクティブラーニング導入後は、1回あたり15～20分程度しか講義をしていないにも関わらず、成績が向上した。これは教えている立場からすると、ショックでもあった。しかし、細かな点まで教えたとしても、重要な点や授業の流れ全体がわからなくなると、授業として意味がなくなってしまふ。そこで、講義の時間を減らし、重要な点や、全体の流れを伝え、細かな点は提供する課題やグループワーク、調べ学習、質疑応答等により、補完する方が授業としては効率的である。また、これにより、集中力が途切れたり、無関心に講義を聴くようなムダな時間を劇的に減らすことができる。今後の目標としては、学生自ら考えさせる学科のコンテンツを検討する必要がある。

(3) 職業や実務（実際）との関連付け

一例として、これまでS5の回生エネルギー概要について、興味を持っている学生は少なかった。ところが、電気自動車の競技大会に出場する学生達は、回生エネルギーがこの競技に有効であることを知ると、自ら詳細まで調べて勉強し、授業内容よりも深い知識を身につけ、活用していた。

図9に競技大会用車体を、図10に電気自動車の操作パネルを示す。



図 9. 競技大会用電気自動車

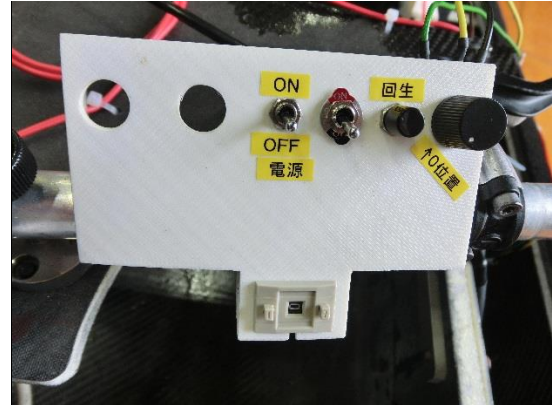


図 10. 操作パネル

下り坂等で操作パネルの回生ボタンを押すことにより、回転エネルギーを電気エネルギーとして回収し、二次電池に充電することが出来る。このように回生エネルギーを有効活用することによって、電気自動車の走行距離を延ばすことができるというものである。これは、S5の回生エネルギー概要で学ぶ内容を、実務に活かしたものである。学生は、この電気自動車を使って、回生エネルギーの実験を繰り返し、理解を深めていた。

このように、これから学ぶ内容が、職業や実務において、直接的にどのように活かせるかを理解してもらい、少しでも興味を引き出すような実習のコンテンツを検討する必要がある。

第6章 まとめ

本論文では、2つの科目を統合したアクティブラーニングの導入による環境エネルギー技術の訓練効果を述べた。

エネルギー技術者の関係する知識、技能、技術が代表的な仕事にマッピングした教材を開発した。これにより知識の関連性が理解できる訓練が実現できた。

今回構成したアクティブラーニングを導入することにより、座学、実習、において、平均点、中央値および最低点の向上が確認できた。検証の結果、従来訓練を実施した平成27年度は座学3名、実習1名の不合格者が存在したが、新しい訓練を実施した平成28年度は全員合格、平成29年度は実習1名のみ不合格という結果となった。また検定を用いた教育効果の有意性の検証においても明らかな向上を確認した。

結果、クラスの成績の底上げには、このアクティブラーニングは有効な手法であるといえる。しかし、最高点を含めた上位グループについては、座学、実技ともに成績の明らかな変化はなく、現在の方法では、成績上位者の成績向上の効果はないと考えられる。その対策として、成績上位者の競争心を煽るような仕組み作りを考えなければならない。

また、コミュニケーションが苦手な学生が存在するグループにおけるグループワークの活性化は、今後の重要な課題である。

昨今の社会情勢を鑑み本研究の最終ゴールは、即戦力の育成にある。今後は、PDCAサイクルを回しながら、社会的要請である即戦力の育成を目指していきたい。

<参考・引用文献>

- [1]松下佳代, 溝上慎一, 森朋子, Elizabeth F. Barkley, Ference Marton, 安永悟, Eric Mazur, 田口真奈, 関田一彦, 三津村正和, 小野和宏, 日向野幹也, 京都大学高等教育研究開発推進センター:ディープ・アクティブラーニング～大学授業を深化させるために～
- [2] Luis Deslauriers, Ellen Schlew, Carl Wieman:” Improved Learning in a Large-Enrollment Physics Class” SCIENCE pp862-864(2011)
- [3]井田 民男, 木本 恭司, 山崎 友紀:熱エネルギー・環境保全の工学(2002)
- [4]貫井正納, 浅野千秋:小学児童における力の概念の寛容ー概念地図の活用を通してー, 千葉大学教育学部研究紀要
- [5]水田曜平, 平嶋宗, 舟生日出男:学習者の状況に応じたヒント提示による Kit-Build 方式概念マップ作成支援, The 25th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence(2011)
- [6]Norikatsu Fujita, Yuuji Yamanaka, Hiroataka Shimizu, Ribun Onodera” An Active Learning Project’ s Deliberate Practice in Vocational Training for Environmental Energy Engineers” 2018 Volume 17 Issue 1 Pages 7-16 (2018)
- [7] Unai Hernandez-Jayo, Juan-Manuel Lopez-Garde, and J. Emilio RodRiguez-Seco : “ Addressing Electronic Communications System Learning Through a Radar-Based Active Learning Project “ IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION pp269-pp275 (2015)
- [8] Bonwell & Eison:”Active Learning Creating Excitement in the Classroom” (1991)
- [9]沖 裕貴:大学におけるルーブリック評価導入の実際 ー公平で客観的かつ厳格な成績評価を目指してー, 立命館高等教育研究 14 号 p71-p90(2014)
- [10] 宮本聡介, 宇井美代子:質問紙調査と心理測定尺度ー計画から実施・解析までー, サイエンス社(2014)

< 謝辞 >

本研究の実施，本論文をまとめるにあたり，多大なるご指導・ご支援下さいました先生方や関係者の皆様に厚く御礼申し上げます．

また，本研究を進めるにあたり，ご協力下さいました四国職業能力開発
大学校の電気・電子系の指導員の皆様，電気エネルギー制御科の学生の皆
様に感謝申し上げます．