

# 建築環境工学教育の初学科目における フォローアッププログラムに向けた検討

中西 伸介\*

(令和2年10月30日受付)

## Examination for a Follow-up Program of a First Subject on Educations of Architectural Environmental Engineering

Shinsuke NAKANISHI

(Received Oct. 30, 2020)

### Abstract

広島工業大学では2020年4月より新教育プログラム「HIT.E ▶ 2024」をスタートさせた。カリキュラムでは、履修生が1・2年次で学ぶ主要科目の授業内容を着実に理解し、単位取得できるように支援する「フォローアッププログラム (FP)」が実施される。建築工学科でFPの対象となる建築環境工学では、室内の衛生性や快適性を保全するために主に熱・湿気、空気、音、光の4分野の物理環境を評価し、人体感覚との関係を理解することが求められ、広範囲な物理学の知識が応用される。本論では、履修生の高校での理科教育の履修状況と、求められる授業外支援についてアンケートを行い、建築環境工学の理解に必要なフォローアップを検討する。

**Key Words:** Follow-Up Program, Architectural Environmental Engineering, Physics Education

### 1. はじめに

広島工業大学では2020年4月より新教育プログラム「HIT.E ▶ 2024」をスタートさせた。カリキュラムでは、履修生が1・2年次で学ぶ主要科目の授業内容を着実に理解し、単位取得できるように支援する「フォローアッププログラム (FP)」が実施される<sup>1)</sup>。主として必修科目が対象となっており、建築工学科では、1年次後期に「材料力学」、2年次前期に「建築環境工学A」、2年次後期に「建築材料実験」が該当する。これらの科目は、建築工学科のカリキュラムツリーにおいて、それぞれ「建築専門共通」「建築環境・設備」「建築生産・維持管理・材料」の分野に配置されている。本論で扱う「建築環境工学A」は「建築環境・設備」分野の初学科目であり、「建築設備」との科目のつながりは図1の通りとなる。

「建築環境工学A・B」では、室内の衛生性や快適性を

保全するために主に熱・空気・音・光の4分野の物理環境の特性や評価する方法・指標の理解、及び、人体感覚との関係を理解することが求められ、広範囲な物理学の知識が応用される。これに続いて「建築設備A・B」において各種の建築設備機器の方式や特徴、エネルギー効率などの指標を学び、室内の衛生性や快適性を実現する建築設備の設

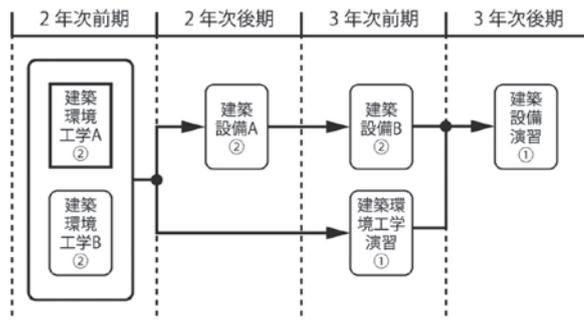


図1 「建築環境・設備」分野のカリキュラムツリー<sup>1)</sup>

\* 広島工業大学工学部建築工学科

計・施工に携わる建築技術者に必要な知識を習熟するカリキュラム構成になっている。

一方、建築工学科に入学してくる学生の出身高校は、普通科や工業科など多様であり、学生の選択した科目にもよるため高校時の理科における学習範囲が様でない。1年次に配置されている「基礎力学 A・B」「基礎力学 A・B 演習」では、質点の力学から始まって2質点・N質点、及び、剛体の力学について学ぶ。この学習によって学生は「構造力学」や「材料力学」などの学習における基礎力を身につけることができる。しかしながら、建築環境工学と建築設備に应用される物理学の範囲は、熱移動（伝導・対流・放射など）、日照・日射（可視光線・紫外線・赤外線など）、気流（風圧・浮力・流体など）、音（波動・干渉・回折など）、光（光の波長・色彩など）のように非常に多岐にわたる。建築工学科のカリキュラムでは、1年次にこれらを学習する機会がなく、2年次前期の「建築環境工学 A・B」において、履修生は高等学校までの理科教育で修得した知識で学習に臨むことになる。

本論では、2019年度後期ガイダンスの機会に2年次生に対して、2年次前期における専門科目の初学科目について単元毎の理解度と授業外支援における状況、出身高校の学科、履修した理数科目のアンケートを行った。そのアンケート結果から「建築環境工学 A・B」の理解度と必要とされる授業外支援について整理し、フォローアッププログラムに向けて教材と実施について検討する。

## 2. 建築環境工学と関連する高等学校の理科の範囲

建築環境工学では、室内の衛生性や快適性を保全するために主に熱・湿気、空気、音、光の4分野の物理環境を評価する必要があり、それぞれの分野で必要とされる理科における知識は単元毎に表1のようにまとめられる。単元同士で密接な関係にある場合、例えば、光環境、視環境、採光・照明においては、基礎から発展、建築空間への応用へ連続して学習する。この単元では、室内の明るさに関わる物理量・光の単位（光束、光度、照度、光束発散度、輝度）の理解から始まり、明るさを感じる視覚の構造と特性、昼光を採り入れる窓の評価と設計、電灯照明による室内の明るさ（照度）の評価、人工光源の種類と特徴、などを順に学習し、建築設計や建築設備の検討に必要な知識として習熟していく。

前述の通り、建築環境工学は大きく4つの分野に分けられ、それぞれの分野に特有の物理学における知識が必要とされるため、理解が難しい物理学の知識があるとそれを応用する分野が全く習熟できない場合がある。建築工学科の卒業生は、新卒の約85%が総合建設業や建築設備工事業、住宅メーカーの施工管理や設計業務に就職し、その業務に

当たっては、一級建築士資格を取得することが求められる場合がある。その学科試験は「計画」「環境・設備」「法規」「構造」「施工」の5科目であり、合計125点のうち「環境・設備」の配点は20点である。合格基準点は年度によって異なるが合計点で90点が目安であり、各科目において過半が求められるため「環境・設備」では11点が目安である。「建築環境工学 A・B」の単位認定の基準は、科目の合格基準点に相当するが、一級建築士資格の取得に当たっては、科目の範囲全般にわたってより高い理解度が求められる。建築環境工学の4分野における知識に偏った分野の理解があると業務において責任を担う有資格者になることが困難になると言える。したがって、「建築環境工学 A・B」の学習に当たっては、適切な教材の作成や授業法、授業外のサポートの整備を行うために、履修生の物理学における予備知識の理解度を把握する必要がある。

表1 建築環境工学の単元と理科の内容

単元	主な理科の知識
日射・日照	可視光、赤外線、紫外線、太陽の運行、太陽の放射エネルギー、長波長放射、遮熱
光環境	可視光、光の波長と色、光のエネルギー、光の反射、光の散乱
視環境	視覚、光の波長と色
採光・照明	可視光、光の反射・散乱、発光のメカニズム、光の波長と色、スペクトル
色彩	光の波長と色、スペクトル
空気環境	空気の組成、風圧、浮力、流体、質量保存則
建築伝熱	人体の熱感覚、温度、湿度、伝熱（伝導・対流・放射）、断熱
湿気・結露	温度、湿度、顕熱、潜熱、エンタルピー、水の三態
建築音響	音波（周波数・波長・音速）、干渉、回折、エコー（反響）、共鳴、振動

一方、2019年度前期「建築環境工学 A・B」の履修生は、2009年7月に改訂された「高等学校学習指導要領<sup>2)</sup>に沿った理科教育を受けている。それぞれの科目において、建築環境工学の学習に関連する内容を学習指導要領から抜粋して表2にまとめた結果、「建築環境工学」の単元との関係は以下のように示される。「科学と人間生活」では「光や熱の科学」「生命の科学」「宇宙や地球の科学」が扱われ、建築環境工学の「日射・日照」「光環境」「視環境」「採光・照明」「色彩」「建築伝熱」と多くの単元に関わる内容であった。これは、建築環境工学が室内の衛生性や快適性と人体感覚を評価・予測するための学問体系を成し、生活環境に深く関わるので、「科学と人間生活」で扱う内容が建築環境工学の位置づけと近いためであろう。

一方、「物理基礎」と「物理」では、「物体の運動」「エネルギー」「波」が扱われ、建築環境工学の「光環境」「採光・照明」「建築伝熱」「建築音響」に関わる内容であった。

また、「化学基礎」と「化学」では、水の蒸発や凝縮に係る「物質の状態」が扱われ、「湿気・結露」に関わる内容であった。「生物基礎」「生物」では、人体のエネルギー代謝と呼吸に係る「生物の特徴」「生命現象と物質」が扱われ、室内の温熱環境と換気に係る「建築伝熱」「空気環境」に関する内容であった。「地学基礎」「地学」では、「地球」「宇宙の構造」が扱われ、「日射・日照」に関する内容であった。それぞれに、専門性を持って現象や知識の理解を深めていくために室内の物理環境や人体感覚を横断的に取り扱う建築環境工学のそれぞれの単元に個別に対応していることがわかる。

室内の物理環境における現象や評価、予測を習熟するためには「物理基礎」「物理」の知識が習熟されていることが必要であるが、建築環境工学の概要を把握して、その位置づけから学習を始める場合、「科学と人間生活」の学習が有効であると言える。

表2 高等学校学習指導要領の理科の内容

科目	建築環境工学に関わる内容
科学と人間生活	光や熱の科学（可視光、赤外線、紫外線、波長、太陽光、人工光源、スペクトル、熱の伝わり方、太陽光エネルギー） 生命の科学（ヒトの視覚と光） 宇宙や地球の科学（太陽の天球上の運行、太陽の放射エネルギー）
物理基礎	物体の運動とエネルギー（弾性力、浮力、圧力） 様々な物理現象とエネルギーの利用（熱と温度、融解・蒸発、熱の移動、波の性質、音と振動、共鳴）
物理	様々な運動（単振動） 波（波の伝わり方とその表し方、波の干渉と回折、音の干渉と回折、光の伝わり方）
化学基礎	物質の探求（物質の三態）
化学	物質の状態と平衡（物質の状態とその変化）
生物基礎	生物の特徴（生命活動に必要なエネルギーと代謝）
生物	生命現象と物質（呼吸）
地学基礎	変動する地球（地球の熱収支、太陽放射の受熱量、温室効果）
地学	地球の大気と海洋（大気の組成） 宇宙の構造（地球の自転と公転、太陽の活動）

### 3. 建築環境工学A・Bの授業方法

ここでは、2019年度前期に実施した「建築環境工学A・B」の授業方法と教材について述べる。この科目では、教科書に田中俊六 他「最新建築環境工学 [改訂4版]」井上書店を採用しており、それぞれの授業項目とシラバスを表3と表4に示す。2019年度前期の授業はシラバスの通りに実施している。それぞれの科目と建築環境工学の4分野、熱・湿気、空気、音、光との対応は、必修科目の「建築環境工学A」が「光」「空気」、選択科目の「建築環境工学B」が「熱・湿気」「音」と分かれている。それぞれの科目は、互いに

分野を補完して建築環境工学の全般を学習する。したがって、2年次前期のガイダンスや科目の初回などにおいて、両科目を履修するように指導している。これは、2年次後期に開講される必修科目の「建築設備A」が室内の温熱・湿気環境を制御する空気調和設備を講義するため、「建築環境工学B」で扱う「熱・湿気」の習熟が求められることに対応するためである。なお、新教育プログラム「HIT.E ▶2024」で開講する必修科目の「建築環境工学A」では、室内の温熱・湿気環境に影響する「日射・日照」「熱・湿気」「空気」の内容を取り扱うように分野の調整を行う。

各回の授業では、履修生は(1)事前学習、(2)授業、(3)事後学習をそれぞれに用意した教材で学習する。例として、

表3 建築環境工学Aのシラバス

授業回	内容
1	講義ガイダンス、建築環境工学の概論、建築と自然環境
2	日射・日照1：太陽位置・真太陽時
3	日射・日照2：日照と日影・日照時間の評価
4	日射・日照3：日射とその熱量計算法
5	日射・日照4：日照調整・日射遮蔽
6	光環境：光と測光量
7	日照・日射に対する評価と設計
8	中間まとめ
9	視環境：明視の条件・グレア
10	採光・照明1：昼光光源・昼光照明の評価と計画
11	採光・照明2：人工光源・電灯照明の評価と計画
12	色彩：色彩・色彩計画
13	空気環境1：必要換気量・換気計算式の基礎
14	空気環境2：自然換気方式・自然換気量の計算
15	室内の採光・照明と換気の評価と設計

表4 建築環境工学Bのシラバス

授業回	内容
1	ガイダンス、地球温暖化・ヒートアイランド現象・気候要素
2	快適条件・人体生理と室内環境 温熱環境の快適指標
3	建築伝熱1：熱伝導・各種建築材料の熱伝導率
4	建築伝熱2：熱伝達・総合熱伝達率
5	建築伝熱3：定常伝熱と熱貫流
6	建築伝熱4：建築外面の熱授受
7	建築伝熱5：定常定温の計算法・複層壁の熱抵抗と熱貫流量の評価
8	中間まとめ
9	湿気・結露1：湿り空気・表面結露の防止
10	湿気・結露2：内部結露・結露発生の評価と判定
11	建築音響1：音の物理と三属性・デシベル
12	建築音響2：騒音の評価・室内音場の評価・残響公式
13	建築音響3：吸音機構の種類と特徴・吸音計画
14	建築音響4：単層壁・2重壁の遮音特性 遮音等級
15	建築音響5：室内音環境の評価と設計

「建築環境工学 A」の第 6 回「光環境：光と測光量」を取り上げる。この回では、室内の明るさを評価する光の単位、「光束」「光度」「照度」「光束発散度」「輝度」を学び、それぞれ相互の関係を理解することを目的としている。なお、一級建築士学科試験では、毎年これらの「光の単位」は「環境・設備」の科目において 20 問中の 1 問程度で出題される。

(1)事前学習では、前の回に図 2 のような予習ポイントを示す A4 で 1 枚のレジュメを配布し、授業で扱う範囲を具体的に指示して教科書を読むことを促している。紙ベースの教材を配布する場合、予習したかを確認するために別途小テストを設けるなどが必要であり、次年度においては、予習そのものを moodle の小テストを使って行う予定である。

(2)授業では、書き込みのできるレジュメを配布し、パワーポイントによるスライドを投影して講義している。130 名程度の履修があり大教室での講義となるため、黒板を使った板書講義では後方席の学生から「図や文字など黒板に書

かれたものが見えない」との意見があった。また、季節毎、時刻毎の建物の影の方向と長さを示す「日影曲線図」や、室内環境の温度と絶対湿度、エンタルピーを示す「湿り空気線図」は非常に複雑な算定図となり、スライドに書き込みを行って説明することが適切と判断している。スライドは図 3 のように光の単位の関係性が区別できるような配色で光の単位のそれぞれを区別し、関係性を把握できるようにしている。履修生は手元のレジュメに示される空欄をもつ同様の図に色分けをしながら書き込んで説明を聞くことになる。

(3)事後学習では、図 4 のような復習のポイントを示した教材を配布し、文章や簡単な図を書いてまとめるように指示している。復習を行ったかを確認するためのテストなどを行っていなかったため効果測定ができていない。次年度では、書き込んだ事後学習のレジュメを pdf にして moodle に提出を求めるなどを検討している。この事後学習は、成績評価に関わる「中間のまとめ」と「期末試験」の準備と連動させている。

「中間のまとめ」と「期末試験」では、図 5 に示す「事前準備シート」の持ち込みを許可した。B4 で 1 枚の指定用紙を配布し、表面は単元毎の「復習のポイント」をまとめるように指示しており、裏面はそれぞれが試験に必要な考える内容を自由に記述するように指示している。したがって、それぞれの授業回で理解したことをまとめる事後学習に取り組んでおけば、試験前にもう一度まとめることで、授業内容の理解を繰り返し行うように意図している。

建築環境工学 A 第 6 回「光環境：光と測光量」 予習ポイント 担当：中西

次の項目について教科書の該当ページを予習して記述の【 】内に入れる適切な語句や数値を記入、または、選択しなさい。  
なお、重要な語句や数値にはアンダーラインを引いたり、マーカーで目立たせるなど、受講の準備を行うこと。

◆ 測光量とその単位 p.112-117

ある面に流れる放射束[W]のそれぞれの波長ごとに、その波長の標準比視感度をかけ、積分したものが光束  $F$  [lm] (ルーメン) である。つまり、光束は人間の感覚が【考慮されている・考慮されていない】「心理物理量」と呼ばれる。

ある面における【入射する・発散する】光束の面積密度を照度  $E$  [lx] (ルクス) という。光束 [lm] と面積 [m<sup>2</sup>] で表すと、単位は [lm/m<sup>2</sup>] (ルーメン毎平方メートル) となる。一方、光源面および透過面、反射面における【入射される・放射される】光束を光束発散度  $M$  [lx] (ラドルクス) という。この光束発散度も単位は [lm/m<sup>2</sup>] (ルーメン毎平方メートル) でも表される。ここで、反射率  $\rho$  の面に照度  $E$  [lx] が入射するときの光束発散度  $M$  [lx] は、【 $M = \rho E$ ・ $M = E/\rho$ 】となる。

光度  $I$  [cd] (カンデラ) は、点光源からある方向の【単位立体角・単位面積】中に放射される光束  $F$  の密度で与えられる。また、単位は【lm/sr・lm/m<sup>2</sup>】でも表される。一方、光源面、透過面あるいは反射面のある方向から見たときの明るさを表す量を輝度  $L$  という。単位には、光度の面積密度として【cd/m<sup>2</sup> (カンデラ毎平方メートル)・lm/m<sup>2</sup> (ルーメン毎平方メートル)】が使われる。また、ディスプレイの輝度を表す際には、[nt] (ニト) ということもある。ここで、光源面が等輝度拡散面であれば、輝度  $L$  と光束発散度  $M$  の間には  $L = M/\pi$  の関係があるので、照度  $E$  [lx] が入射する反射率  $\rho$  の面を見たときの輝度は、【 $L = \rho E/\pi$ ・ $L = E/\rho\pi$ 】で得られる。

図 2 事前学習で配布している予習ポイントの教材

【事後学習】復習のポイント【建築環境工学 A 第 6 回「光環境」】

- 光と視覚  
明所視と暗所視における比視感度の違いを説明できるか？
- 測光量とその単位  
各測光量（光束、照度、光束発散度、光度、輝度）の定義とそれぞれの関係を説明できるか？

図 4 事後学習で配布している復習のポイントの教材

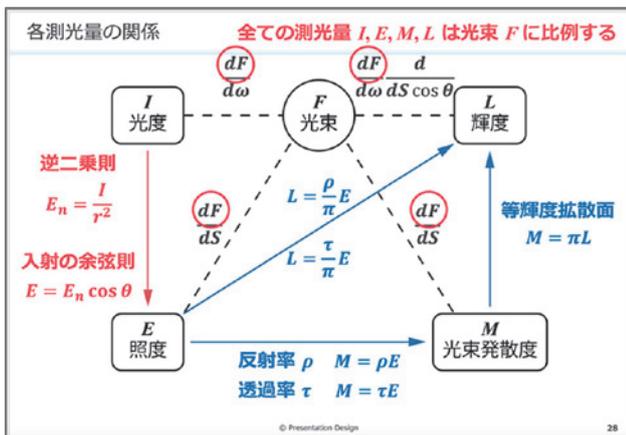


図 3 「各測光量の関係」を講義するスライド

科目名	日付	学籍番号	氏名	提出確認
建築環境工学 A	7月29日(月)			

この事前準備シートは、手書きに限り試験での持ち込みを許可する。なお当日に必ず提出すること。  
これまでの授業の事後学習・復習のポイントのうち以下の項目をまとめなさい。

- 各測光量（光束、照度、光束発散度、光度、輝度）の定義とそれぞれの関係を説明しよう。
- 窓からの採光による昼間照明について直接眩光率を求めて作業面照度を計算する手順をまとめよう。

図 5 「中間のまとめ」と「期末試験」の事前準備シート

「中間のまとめ」と「期末試験」で出題する内容と配点は、以下の通りである。基礎知識や現象の理解を語句挿入問題として計60点、室内環境の評価や予測に関する図表や公式を使った計算など記述問題として計40点で、合計を100点としている。上述の「光の単位」については、基礎知識の理解として図6のように語句挿入問題とし、文章中の空欄に語群から適切なものを選ぶ形式にしている。このようにして、講義の予習、授業、復習、試験前の準備を経て、試験を受験した結果で学習の成果を評価している。2019年度の採点結果は表5で示されるとおりであり、問1の平均正答率は78%であった。12の語句挿入に対して80%以上の正答率となったのは8の語句、70%未満の正答率となったのは、3の語句であった。概ね高い理解度と言えるが、一級建築士学科試験で出題頻度が高い「輝度」の理解が不十分であったことが示唆される。

問1. 以下の説明文の括弧内に最も適切な語句や数値を語群から選び、その番号をマークシートに解答せよ。同じ語句や数値を何度使っても良い。また、括弧内の番号はマークシートの設問番号で、1～30までの通し番号である。(2点×30=60点)

1. 以下の説明文の括弧内に最も適切な語句や数値を【語群A】から選び、その番号をマークシートに解答せよ。

図は、光度1 [cd]の点光源から放射される光が作業面へ届く様子を示している。光度1 [cd]は、ある方向へ放射される単位(1)当たり光束である。作業面のA点に入射する単位(2)当たりの光束は(3)であり、(3)は光度の大きさに(4)し、光源からA点までの距離r [m]の2乗に(5)する。これを(3)における逆二乗則という。一方、B点において作業面に入射する(3)は、光源から距離がR [m]を経て到達した法線面周度に入射角の(6)を掛け合わせて得られる。ここでB点に入射する光の入射角は(7)となる。作業面で反射した単位(8)当たりの光束は(9)と定義される。作業面をどの方向から見ても(10)が等しく反射率が1のとき、この面を完全拡散面という。(10)は、ある方向から見た単位(11)当たりの光度であり、作業面の反射率の大きさに(12)する。

【語群A】

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
30°	60°	輝度[cd/m <sup>2</sup> ]	光束発散度[stx]	照度[lx]	反比例	比例	面積	余弦	立体角

図6 「光の単位」に係る語句挿入問題

表5 2019年度の「光の単位」の採点結果

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
正答数	9	9	5	7	9	9	2	9	4	3	9	7
正答率	89%	93%	84%	86%	86%	82%	71%	80%	64%	53%	65%	80%
平均正答率	78%											
	受験者数 153 名											

#### 4. 建築環境工学A・Bの成績分布

ここでは、2019年度前期の建築環境工学A・Bの履修生のうち、2018年度に入学したものを対象として成績分布を図7と図8に示す。

これらは建築環境工学A・Bにおける「中間のまとめ」と「期末試験」の平均得点(100点満点)と累積相対度数のZ-値の分布である。累積相対度数のZ-値が0のとき、全履修者の平均得点における平均値が示される。建築環境工学A・Bの平均得点の平均値はそれぞれ69.0と67.5であった。なお、このZ-値における1は標準偏差に相当する。

それぞれに共通する108名の履修者の得点結果による分布に対して直線近似を行った結果、建築環境工学A・Bのそれぞれで決定係数が $R^2 = 0.99$ となって直線上に分布していることが示され、それぞれの得点分布は正規分布にし

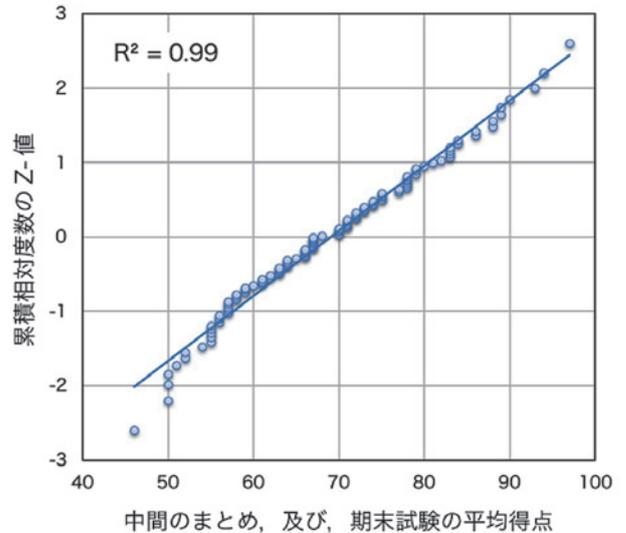


図7 建築環境工学Aの得点分布 (n = 108)

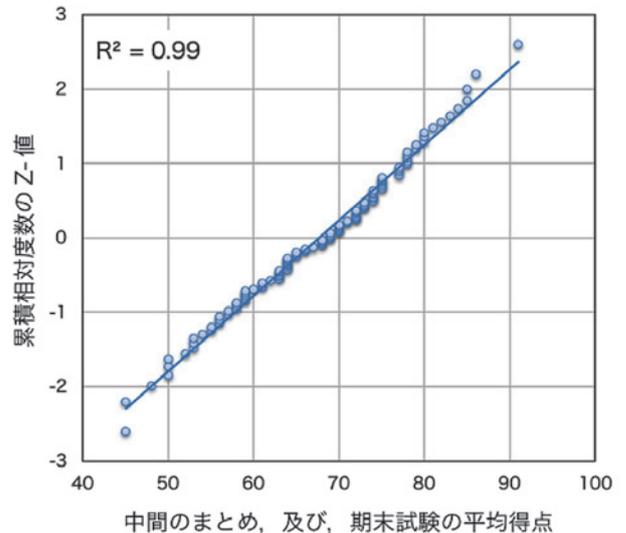


図8 建築環境工学Bの得点分布 (n = 108)

たがうことが確認された。したがって、2極化などのクラスターが生じていないことが示唆される。

さらに、出身高校が普通科(n = 68)と工業科(n = 31)の履修生に分けて同様に平均得点の累積相対度数の分布を以下に示す。なお、総合学科と高等専門学校の出身者は若干名であり、統計学的に考察するために不十分なサンプル数なので省いているため、両者の合計が全履修者数と一致しない。

図9と図10は建築環境工学Aの得点結果による分布で、普通科と工業科の出身にかかわらず得点の累積相対度数の分布は正規分布にしたがい、得点結果の平均値は、それぞれ、70.0と67.3であった。ここで、両者の分布に対してt検定<sup>3)</sup>を行った結果、棄却域5%で両者の平均値に差があるとは認められなかった。建築環境工学Aの成績にお

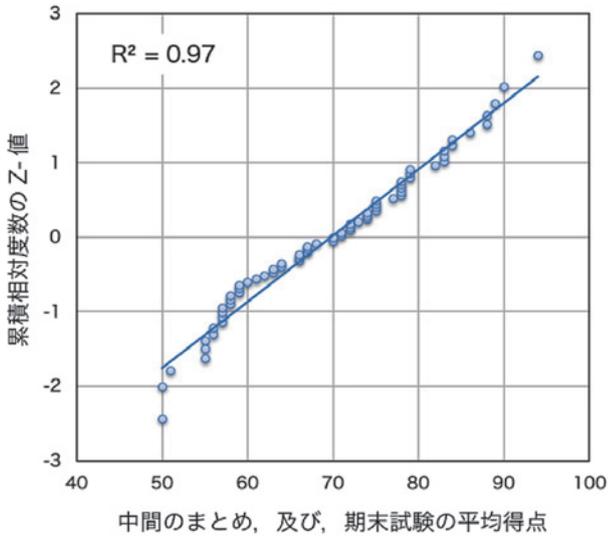


図9 建築環境工学 A の得点分布 (普通科 : n = 68)

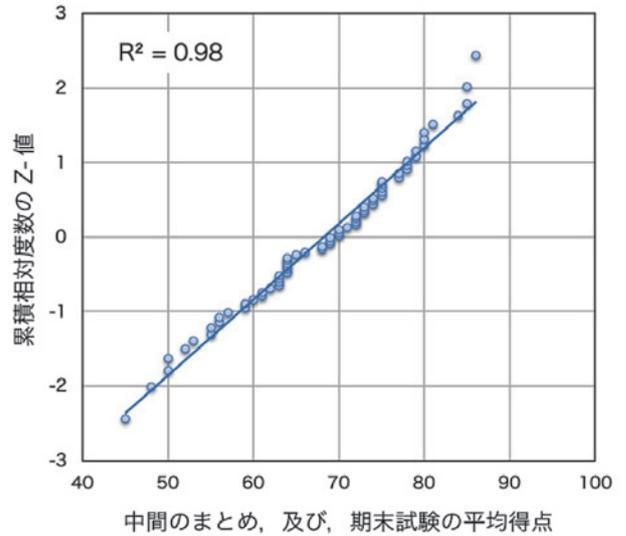


図11 建築環境工学 B の得点分布 (普通科 : n = 68)

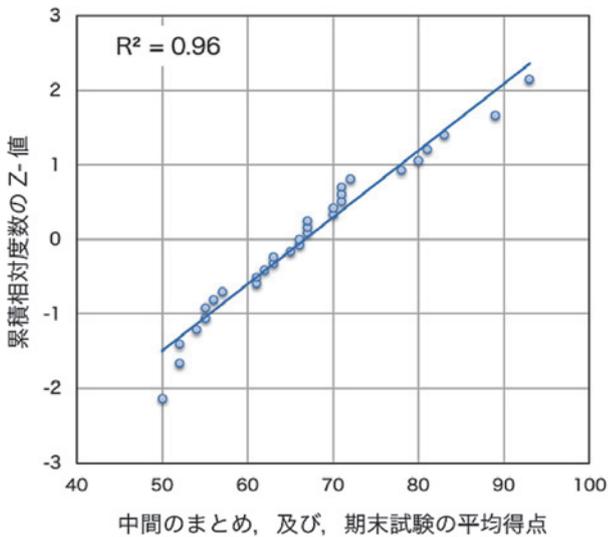


図10 建築環境工学 A の得点分布 (工業科 : n = 31)

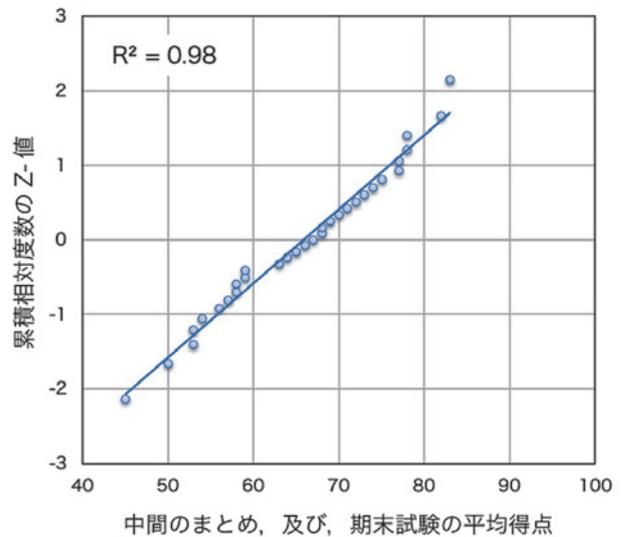


図12 建築環境工学 B の得点分布 (工業科 : n = 31)

いて出身高校の学科による違いは見られないことが示唆される。

図11と図12は建築環境工学Bの得点結果による分布を示す。建築環境工学Aの場合と同様に普通科と工業科の出身に問わず、両者の分布は正規分布にしたがい、得点結果の平均値は、それぞれ、68.3と65.9であった。また、両者の分布に対してt検定を行った結果、棄却域5%で両者の平均値に差があるとは認められなかったため、建築環境工学Bの成績においても、出身高校の学科による違いは見られないことが示唆される。

したがって、出身高校の教育課程の違いに注目して、建築環境工学の学習の習熟に差があるとは言えず、個々の履修生に応じた検討をする必要があることが確認された。

## 5. 高校理科科目と建築環境工学の理解度

2019年度後期ガイダンスの際に、2年次生(2018年度入学)を対象に2年次前期における専門科目の初学科目について単元毎の理解度と学習サポートにおける状況、出身高校の学科、履修した理数科目のアンケートを行い、116名の回答を得ている。アンケート項目の検討は、2019年度に研修生として建築工学科に所属された木元智弘 教諭(広島県立広島工業高等学校・建築科)と共同で行った。

「建築環境工学A・B」の理解度に関わるアンケート項目は、「日射・日照」「光環境」「視環境」「採光・照明」「色彩」「空気環境」「建築伝熱」「湿気・結露」「建築音響」に対して「十分理解できている」「理解できている」「やや理解できている」「全く理解できていない」の4段階で主観評価させた。

一方、履修生の特性として、高等学校の学科と、理科教

育の履修状況について項目を設けた。

まず、全ての回答 (n = 116) における、「建築環境工学 A・B」の単元毎の主観的な理解度を図 13 に示す。回答において「十分理解できている」「理解できている」を「その単元を理解できていると感じている」と見なして考察する。全ての単元で「十分理解できている」「理解できている」の合計は 40% 程度を占めているが、傾向として、身の回りの室内環境として見えやすい「日射・日照」「採光・照明」「色彩」で 46%～49% の学生が「理解できている」と感じている一方、物理現象が見えにくい「空気環境」「建築音響」はそれぞれ 38% と 34% の学生が「理解できている」と感じており 10 ポイント以上の差が生じている。「空気環境」で主に扱う「換気」に関する気流や流体の物理現象や、「建築音響」における残響や境界面の吸音、壁体の透過の物理現象は、目に見えにくく、高等学校までの理科の知識を応用しても理解が難しいと示唆される。

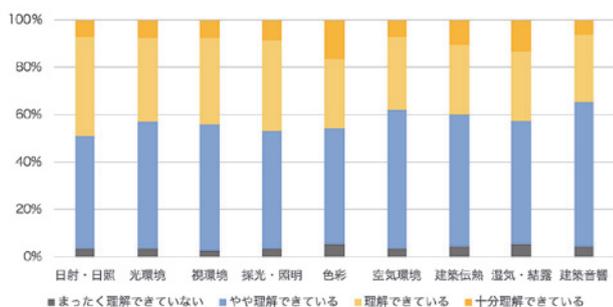


図 13 建築環境工学の単元毎の理解度 (全回答 n = 116)

アンケートに回答した学生 116 名のうち、「物理基礎」「物理」の両方、または、いずれか一方を履修した学生は 104 名であったため、これらの学生について建築環境工学の単元毎の理解度は図 14 に示すとおり、全回答に対するものとはほぼ一致している。一方、「物理基礎」「物理」を履修していない学生は 12 名であり、彼らの建築環境工学の単元毎の理解度を図 15 に示す。それぞれの単元を「理解している」と感じている学生の割合は、「物理基礎」「物理」を履修していない学生の方が大きくなっているが、サンプル数が少ないため、「物理基礎」「物理」を履修しないことによる傾向を考察するには不十分と判断している。

一方、建築環境工学の「湿気・結露」における「結露」は水蒸気が冷やされて液体の水に凝縮する現象である。これらの知識は、高等学校では「化学基礎」や「化学」で「物質の三態」や「物質の状態とその変化」で学習する。そこで、高等学校で「化学基礎」「化学」の両方、または一方の履修と「湿気・結露」の理解度について比較する。図 16 と図 17 の「湿気・結露」において主観的に「理解している」と感じている学生の割合は、「化学基礎」「化学」の両方または一方を履修した学生で 46%、これらを履修していない

学生で 32% であり、14 ポイントの差が生じている。建築環境工学では、「運動」や「波・振動」を扱う物理の知識だけでなく、「物質の状態」を扱う化学の知識も求められ、広く理科の知識を習得しておくことがその学習に有用であると言える。

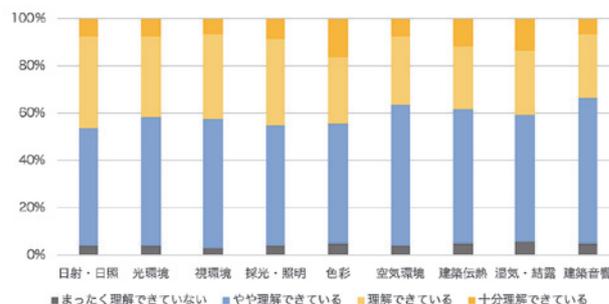


図 14 建築環境工学の単元毎の理解度 (「物理基礎」「物理」の両方または一方を履修した学生 n = 104)

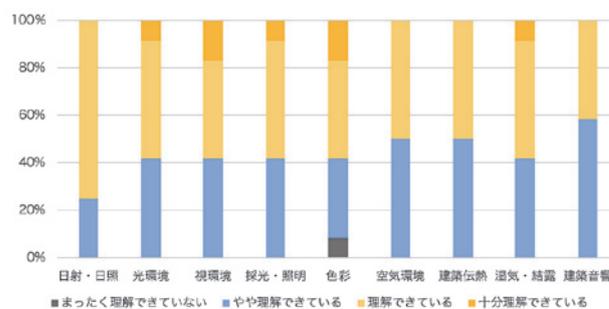


図 15 建築環境工学の単元毎の理解度 (「物理基礎」「物理」を履修していない学生 n = 12)

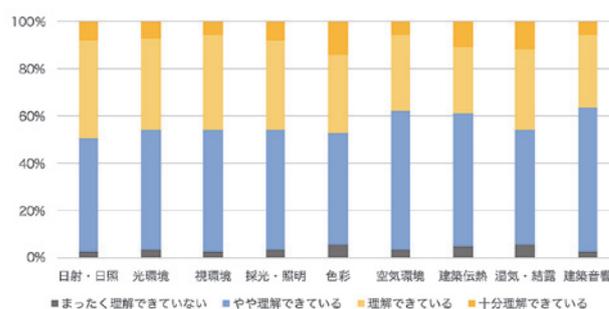


図 16 建築環境工学の単元毎の理解度 (「化学基礎」「化学」の両方または一方を履修した学生 n = 85)

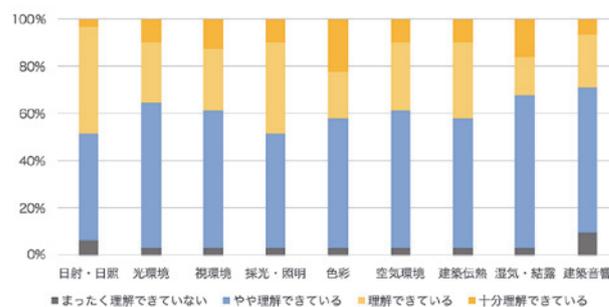


図 17 建築環境工学の単元毎の理解度 (「化学基礎」「化学」を履修していない学生 n = 31)

## 6. フォローアッププログラムに向けた教材の検討

また、アンケートでは「通常の授業以外でサポートして欲しいものがあれば教えてください」の項目において、「予習・復習の教材」「教員による補習」「学生（先輩）による補習」「オフィスアワーの充実」を複数回答可として問うている。アンケート結果から、70名（60.3%）の学生が「予習・復習の教材」を求めている。また、33名（28.4%）が「教員による補習」を、19名（16.4%）が「学生（先輩）による補習」を求めている。但し、これらの回答は「建築環境工学 A・B」にのみ求められたものではなく、アンケートでは建築工学科の専門科目における初学科目を対象としたものである。

専門科目の補習を求める場合、建築工学科では「建築塾」にて「学生（先輩）による補習」を受けることができるが、補習の成果は指導学生の理解度に左右されることが多くなる。「TA・SAの支援」や「互いの学び・教え合い」を補助する点からも、何らかの方法で「教員による補習」が必要となると考えられる。2020年度前期はコロナ禍のためにオンライン授業を余儀なくされ、オンデマンドの動画配信も行った。結果的に、履修生が授業を受けた後に講義内容を配信された動画で見返したりして理解不足を補う復習をしていたようだ。したがって、授業の際にスライドと音声動画を収録して配信することで、「教員による補習」の一助になり得ると考えている。

一方、授業の「予習・復習の教材」については、3. 建築環境工学 A・Bの授業方法、で示した教材が作成済みである。したがって、予習・復習の学習効果を上げるためには、いかに取り組ませるかが重要となる。2019年度は予習を実施したか確認する小テストを設けたが、実施が不十分であった。これに対して、moodleの小テストを活用したeラーニングで実施の履歴を学生本人と教員が確認できるようにして指導することも検討しているが、授業や復習、試験前の学習に活用するのであれば、紙ベースの教材として配布することも必要だと言える。フォローアッププログラムにおいてFPクラスでの「TA・SAの支援」や「互いの学び・教え合い」でも学習と理解の過程を記録として見ることが自身の学習の振り返りや他者による理解にも有用だろうと考えている。

## 7. まとめ

本論では、広島工業大学が2020年4月よりスタートさせた新教育プログラム「HIT.E ▶ 2024」における、専門科目の初学科目「建築環境工学 A」に対するフォローアッププログラムの実施に向けて授業教材や授業外のサポートについて検討した。入学してくる学生の出身高校の学科や理科科目の履修状況と、建築環境工学で講義する単元で求められる基礎知識との対応を試験結果やアンケート結果で考察した。

その結果、履修生の出身高校の学科の違いによる試験結果の平均値と分布には差は見られず、それぞれ正規分布していた。これは、理解度の2極化がなく、特定の集団のサポートをすれば良いのではないことが示唆される。一方、履修生が高等学校で受けた理科教育の科目において、物理の習熟度以外にも化学を履修しているかに注意しておくことが示唆される。建築環境工学において、室内環境の「湿気・結露」の理解に必要な「物質の三態や状態変化」の知識を履修していることが有用であると言える。

フォローアッププログラムにおけるFPクラスでの学習において、建築工学科で実施している「建築塾」で「TA・SAの支援」や「互いの学び・教え合い」をすることも、アンケート結果で求められている「教員による補習」が何らかの方法で必要になると考えられる。その方法の一つに授業の見直しや受講し直しが可能となる、授業動画の配信が有効だと考えられる。2020年度前期は、コロナ禍のためにオンライン授業が余儀なくされたが、結果的に整備された動画収録と配信、moodleによる理解度のテストや課外提出などで授業方法の選択肢が増えたと考えている。

## 謝 辞

アンケート項目の検討、及び、実施において協働させていただいた、2019年度に研修生として建築工学科に所属された木元智弘 教諭（広島県立広島工業高等学校・建築科）に深く感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 広島工業大学, “キャンパスガイド 2020,” p. 38-39, 2020. 4.
- 2) 文部科学省, “高等学校学習指導要領解説 理科編,” 2009年7月.
- 3) 東京大学教養学部統計学教室 編, “基礎統計学 I 統計学入門,” 東京大学出版会, p. 233-255, 1991年7月.