

研 究 紀 要

第 63 号

令和 7 年 3 月

RESEARCH REPORTS
OF
KOBE CITY COLLEGE OF TECHNOLOGY
NO. 63
MARCH, 2025

神戸市立工業高等専門学校

目 次

論 文

試験の途中退室と試験成績との関係に関する考察

松露 真 1

里山ため池における酸素消費速度の実験的検討

宇野 宏司, 藤間 明来 4

電気主任技術者に関する明石高専の学生の意識調査

中川 卓也, 大向 雅人, 津吉 彰 10

アップサイクルと AI 技術活用のための教材開発

藤本 健司, 早稲田 一嘉 19

CONTENTS

PAPERS

- A Study on Relations between Early Completion and Results in Examinations
Shin SHORO 1
- An Experimental Study on Oxygen Consumption Rate in Satoyama Reservoirs
Kohji UNO and Akira FUJIMA 4
- Awareness Survey on Chief Electrical Engineer: Akashi Kosen Students
Takuya NAKAGAWA, Masato OHMUKAI, and Akira TSUYOSHI 10
- Development of Sustainable Educational Materials through Upcycling and Utilization of AI Technology
Kenji FUJIMOTO and Kazuyoshi WASEDA 19
-

試験の途中退室と試験成績との関係に関する考察

松露真*

A Study on Relations between Early Completion and Results in Examinations

Shin SHORO*

ABSTRACT

One of the unique aspects of Kobe City College of Technology is that their students allow to leave their examinations room after 30 minutes passed. Neither Okinawa National College of Technology nor Yonago National College of Technology has such a rule. The author interviewed faculties, staff and students about early completion on the examinations, and investigated the time spent in the room during the midterm and final exams. The author combined the results of the exams and the time, and calculated the correlation coefficient. In conclusion, no correlation was found between time spent in the room and test scores. However, the average score of students who decided early completion was higher than that of the all students. The author think that students who left early got more switching time and it made their scores better.

Keywords : information processing, examination, early completion

1. はじめに

本論文は、試験の途中退室と試験成績との関係に関する考察として、主に神戸市立工業高等専門学校(以下、神戸高専)の中間試験と定期試験を調査し、まとめたものである。

神戸高専では中間試験・定期試験前に全学生へ電子メールで参考文献⁽¹⁾の web ページを連絡している。その中の[1. 受験上の注意事項(定期試験・中間試験・追試験)]の3.において「試験開始後30分以内は退室できない。」とある。これを根拠として、学生は試験開始後30分経過後に途中退室が認められている。ところで、筆者は沖縄工業高等専門学校と米子工業高等専門学校で勤務していた。この2校においてはともに中間試験・期末試験(神戸高専における「定期試験」と同等の試験)での途中退室は認められていなかった。正確には、「途中退室」というとトイレ等による一時的な退室を意味し、それは認められていた。しかし途中で終了する意味での途中退室は認められていなかった。そこで今回、途中退室が成績に影響するの否か、影響する場合はどのような影響かを調べ、考察してみた。

2. 聴き取り・調査方法

神戸高専における試験の途中退室について、教職員・学生を問わず幅広く情報を集めてみた。その結果のうち主なものを挙げる。教職員からは途中退室学生数は学科に依存しているのではないかと、途中退室と学生成績には負の相関関係があるのではないかと意見、学生からは途中退室すると次の試験の難易度が上がる気がするとの意見が主なものであった。これらの聞き取り結果を受けて、次のように調査することを決めた。なお学科依存の件については、今後の研究事項とした。

調査は筆者が担当する電気工学科2年の「情報処理I」の授業とする。調査の事前準備として、前もって学生に途中退室しても次回の試験の難易度は変わらないことを丁寧に説明する。調査は実際の試験時に次で行う。まず試験監督の許可を得た上で試験教室に常駐して質問対応をする。そして試験の途中退室者が出た際は、その出席番号と開始からの経過時間についてメモを取る。試験採点后、在室時間と試験成績の散布図と相関係数を求め、考察する。ここで、特に事前準備の学生説明が非常に重要になると考えた。そこで次のように説明して、途中退室してもしなくても構わないが、途中退室しても当然の試験であることを強調した。具体的には「出題する試験は、早い人で45分程度、ゆっくり解く人でも60分程度あればすべての問題を確認で

* 電気工学科 准教授

きるものを作成する。よって理論上は全員が途中退室してもおかしくない試験である。もちろん途中退室せず最後まで確認しても構わない。いずれにせよ、皆さんが途中退室してもしなくても、その後の授業や試験には影響がない」である。なお、試験を解く時間の設定については、出題内容がわかっている自分自身が実際に問題を解いてみて時間を計測し、早い人はその3倍の時間、遅い人はその4倍の時間がかかるとみなして出題問題数を調整している。つまり自分自身が15分から17分強で解くことができる問題量を試験として出題している。

3. 結果

以下は、前期中間試験・前期定期試験における成績と在室時間のデータである。表1は、左が前期中間試験、右が前期期末試験である。相関係数は、前期中間試験が -0.15 、前期定期試験が -0.28 である。平均点は、前期中間試験が全体では74.3、途中退室者のみでは76.2、前期定期試験が全体では73.4、途中退室者のみでは80.6であった。なお、前期中間試験が終了し答案を集め終えた後で、途中退室せずに残っていた16名に対し試験が難しかったか挙手で確認したところ、誰も手を挙げなかった。このことからこれらの学生はもともと途中退室するつもりがなかったと考えられる。

表1 成績と在室時間

在室時間(分)	成績(点)	在室時間(分)	成績(点)
45	58	35	78
45	61	40	59
45	64	43	97
45	66	45	56
45	69	45	70
45	70	45	85
45	73	46	78
45	93	46	92
45	94	48	86
48	68	50	92
49	89	52	77
49	96	52	94
50	75	55	80
50	83	67	85
50	85	70	40
50	89	70	42
52	53	70	43
52	77	70	49
52	99	70	53
55	59	70	56
55	67	70	58
55	99	70	62
58	85	70	68
60	57	70	69
70	49	70	69
70	50	70	70
70	56	70	70
70	60	70	72
70	64	70	74
70	65	70	76
70	67	70	77
70	71	70	77
70	71	70	77
70	73	70	82
70	75	70	83
70	80	70	84
70	85	70	86
70	89	70	87
70	92	70	89
70	95	70	93

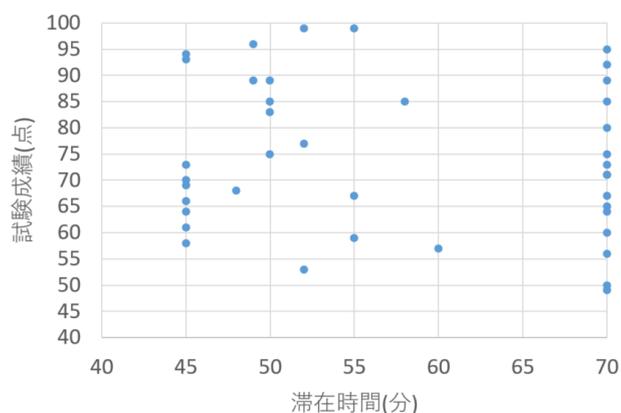


図1 前期中間試験の在室時間と成績の散布図

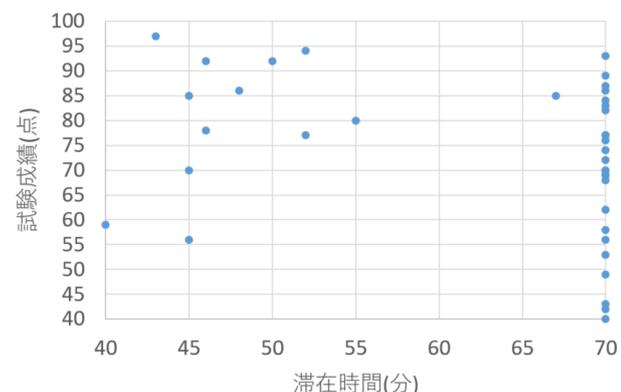


図2 前期定期試験の在室時間と成績の散布図

4. 考察とまとめ

相関係数を考えると、試験の途中退室と試験成績の間にはほとんど相関関係はないといえる。しかし試験成績を考えると、途中退室した学生の平均点の方が全

体の平均点よりも高くなっていた。特に途中退室者が14人と前期中間試験と比べて少なかった前期期末試験においては、全体平均よりも7点以上高く、有意に差があると考えられる。この理由は、自身で「自信をもって試験を解きつくした。あとは時間をかけても大きく点数は変わらない」と判断できる学生は十分な余裕をもって試験に臨んでいることと、最後まで考えた学生より長く頭の切り替えができることから、実力を出し尽くせたのではないかと考える。もちろんこれは、試験時間終了まで考え抜いた学生を否定するわけではないことは明言しておく。

また教職員への聴き取りで出ていた「途中退室と学生成績には負の相関関係があるのではないか」の意見については次のように考察する。学生への聴き取り結果で述べた通り、少なくない学生が試験の途中退室によって今後不利になるのではないかと考えている。このことから、試験を充分理解して解き終わった学生、言い換えると試験の成績が高い学生は途中退室はしないのではないか。そして途中退室で不利になるかもと考えているものの他の科目の勉強に切羽詰まっている学生、言い換えると試験の成績がそれほど高くない学生だけがやむを得ず途中退室をしており、その結果途中退室と学生成績には負の相関関係が出ているのかと推測する。

今回は筆者が担当している1つのクラスの1科目についての結果であった。ところで、聴き取り結果に途中退室学生数は学科に依存しているのではないかという意見があった。今後、可能ならば科目やクラスを増やして分析を行いたい。なお本件について共同研究をしてくださる方がいらっしゃればご連絡をいただくと幸いである。

参考文献

- (1) 神戸高専学生主事室：「中間・定期試験に関する注意事項」(要神戸高専 GoogleID), https://sites.google.com/g.kobe-kosen.ac.jp/kyoumubu/top/exam_notes, 2024年10月21日最終閲覧.

里山ため池における酸素消費速度の実験的検討

宇野宏司* 藤間明来**

An Experimental Study on Oxygen Consumption Rate in Satoyama Reservoirs

Kohji UNO* Akira FUJIMA**

ABSTRACT

In this study, we focused on the bottom sediment of agricultural reservoirs in Kobe City, and measured the dissolved oxygen concentration and carbon partial pressure in the water through field surveys, as well as the properties related to the oxygen consumption characteristics that initiate the ignition of the bottom sediment. By repeating this process, we conducted an experimental study to determine how the sediment affects the water quality of the reservoir, and derived a formula for calculating the dissolved oxygen consumption rate.

Keywords : reservoir, oxygen consumption rate, carbon dioxide partial pressure, laboratory experiment

1. はじめに

海洋や湖沼の水質を調べるための項目として、水中の溶存酸素濃度や単位体積あたりの二酸化炭素の量、pH、リンや窒素化合物などの栄養塩の濃度などがある。長期的に良好な水環境を保つためには水中の酸素が豊富に存在する好気的な条件が必須となり、したがって溶存酸素濃度は海洋や湖沼の水質を調べる上で特に重要な指標である。水中の溶存酸素濃度の変化の要因として挙げられるのは水生生物の呼吸や水草、植物プランクトンによる光合成、水面での曝気などであり、これらは一般的にもよく知られているものである。しかし、水中の溶存酸素濃度の変化を調べるためには水底に堆積している底質による溶存酸素濃度の変化にも注目する必要がある。ここで言う底質とは水底を構成する土壌の性質で、そこに生息する生物の影響も含まれるものである。

海域や河口域の底質の酸素消費特性の把握・評価に関する既往研究には次のようなものがある。中村ら⁽¹⁾は若狭湾内の養殖場での底質を採取し、強熱減量の測定や溶存酸素濃度の時間変化の計測を行い、底泥が酸素を消費する速さを表す指標であるといえる脱酸素係数を用いて、溶存酸素消費速度を環境因子の関数で表した式を提案した。提案された式は、溶存酸素消費速

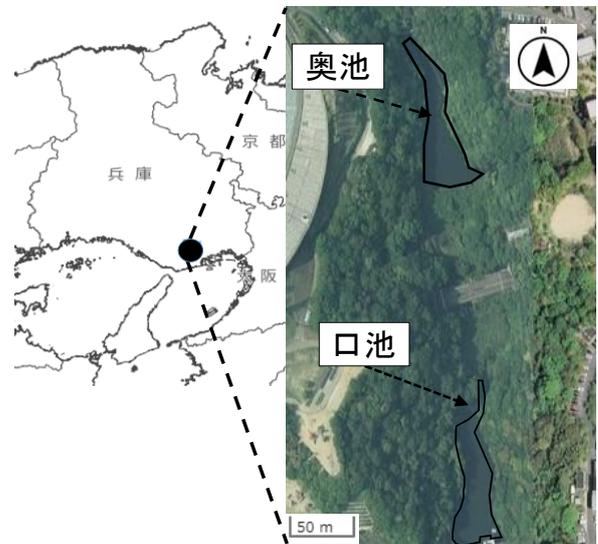


図1 調査対象地(奥池・口池)

度は直上水中の溶存酸素濃度が高い、水温が高い、底泥に有機物量が多い、その有機物が分解しやすいという状況であるほど大きくなると仮定をもとに一般式に実験で得られた強熱減量などの数値を処理して求められた。また、前田ら⁽²⁾は浮遊底泥と溶存酸素との関係について検討を行い、①溶存酸素による浮泥中の非酸化物質の化学的酸化の速度は両者の濃度の積に比例する、

* 都市工学科 教授

** 都市工学科 令和5年度卒業生

②浮泥ブロック内部の溶存酸素の拡散は遅く、攪拌によるブロック破壊は酸化を速くする、③酸素消費に及ぼす温度の効果はかなり大きいことなどを確認している。一方、細井ら⁽³⁾は一般的な河川での底泥の酸素消費特性を調べるため、採取した底泥と蒸留水で満たした瓶容器内の溶存酸素濃度を3日間に渡り計測する実験を行い、酸素消費速度を表す指標である酸素消費速度定数と強熱減量と鉄(II)イオン濃度の間に正の相関があることを明らかにしている。しかしながら、これらの研究は海域や河口域といった水の交換性が高い水域での実験であり、里山のため池のような小規模閉鎖性水域での調査はあまり行われていない。このような水域では海域や河口域と違って栄養塩が滞留しやすく、それに伴って底質も嫌気的な条件下にあることが多くなるため、酸素の消費特性も海域や河川とは異なるものとなると考えられる。

こうしたことから、本研究では神戸市内の農業用ため池の底質に着目し、現地調査にて水中の溶存酸素濃度や二酸化炭素分圧を計測するとともに、室内実験にて底質の強熱減量を始めとする酸素消費特性に関する性質を調べることによって底質がため池の水質にどのような影響を与えているかについて検討し、溶存酸素消費速度を求める式を誘導した。また、複数の底質の酸素消費特性を底泥の質と併せて比較し、底質の違いによる酸素消費特性の違いについても考察した。

2. 研究方法

本研究では、里山ため池における酸素消費速度を明らかにするために、現地調査と室内実験を実施した。

2.1 現地調査 現地調査は図1に示す神戸市須磨区の福田川上流に位置する総合運動公園内の口池と奥池で実施した。これらの池は農業用の一般的なため池であるが、公園区域内の人が容易に近づくことができないような状況にあるためペットボトルなどの流入ゴミは少なく、良好な自然環境が保たれている。このため池を農業用水の水源として利用する人口は極めて少ないため、ため池の整備もほとんど行われておらず、落ち葉などが堆積してできた富栄養な底泥が池の底に堆積している⁽⁴⁾。

現地調査は2023年5月から2024年1月までほぼ月1回実施した。水や底泥の採取地点は、奥池では池の最も水深が深いと思われる地点で水や底泥を採取するため、その地点まで手漕ぎボートでアプローチして採取した。口池ではため池の水を用水路に流すためのバルブを操作するコンクリート製の足場から水や泥を採取した。測深ロープで計測された水深は、両池ともに2.5m～3mであった。この足場から採取する時、通常時は奥池の水深が最も深いと思われる地点の水深とほぼ同じになる。この時、水深は採水の前に測深ロープの先端にロッドをつけて測った。

採水については、表層水は柄杓、底層水(底層から10cm程度上で採取)はハイロート採水器で採取した。採水後ただちに、これらの水の溶存酸素濃度(DO)・電気伝

導度(EC)・pH・水温(フィールド型マルチデジタル水質計HQ40d, HACH社)とpCO₂(ポータブル炭酸ガス濃度計CGP-31, 東亜ディーケーケー社)を計測した。

また、底質採泥器(DIK-190A, 大起理化工業)を用いて、採水地点と同地点の表層堆積物を採取し、実験室に持ち帰り、次項に述べる室内実験を実施した。

2.2 室内実験 持ち帰った底泥の一部を用いて強熱減量試験(JISA1226:2020)を行った。強熱減量とはその土壤にどれくらい有機物が含まれているかを示す指標であり、酸素消費速度にも大きく関わる値である。炉乾燥させた試料に強熱をあてることによって有機物が気化して蒸発するため、それによって減少した質量分を炉乾燥時の試料の質量で除すことでその値を求めることができる。

酸素消費速度の把握については、先行研究^{(5)・(6)}にならい、以下のように実施した。炉乾燥させた各試料を高さ約8cm、内径約4.7cmのガラス製のサンプル瓶の底から3分の1程度に敷き詰め、空隙を蒸留水で満たし、実験試料とした。これらの実験試料を密栓し室温25℃、暗条件下で保存した。その後、底質内の酸素消費特性を把握するため、サンプル瓶を一定の時間間隔で順次開栓し、直ちに、2chマルチ水質計(HQ40d, HACH社)を用いて、底層直上の溶存酸素量DOの時間変化を計測した。またポータブルpH計(HM-20P, 東亜ディーケーケー社)を用いて、底層直上の試料水のpHを計測した。

底泥による溶存酸素消費は水中の溶存酸素濃度が高い、水温が高い、底泥に有機物が多い、その有機物が分解しやすいという条件下であるほど、土壤のバクテリアなどの活動が活発になり速くなりやすいと考えられている⁽¹⁾。これらのことから酸素消費速度を求める一般式を以下のよう

$$v = k \cdot DO^\alpha \cdot T^\beta \cdot IL^\gamma \cdot (C/N)^\delta \quad (1)$$

ここに、 v :溶存酸素消費速度(mg/m²/day), k :脱酸素係数, DO :水中の溶存酸素濃度(g/m³), T :水温(°C), IL :強熱減量(%), C/N :炭素比とする。また、先の実験により、 $\alpha = 1$ であること、 C/N は底泥の酸素消費速度にほぼ関与しないため $\delta = 0$ であることが十分に証明されている。そのため、今回の実験でもそれらの値を用いることとした。 β については、海域での底泥の酸素消費速度の式を導出する際に先の研究結果より $\beta = 1.8$ を用いている研究⁽¹⁾や、河川での同様の研究で $\beta = 1.33$ を用いている研究⁽⁷⁾もあるが、今回の研究では β も独自に求めることにした。よって式(1)を簡略化し、

$$v = k \cdot DO \cdot T^\beta \cdot IL^\gamma \quad (2)$$

とした。

室内実験で得られた水中の溶存酸素濃度と時間との関係を比例定数 K 、切片 B の線形近似直線で定式化すると、

$$\ln(DO) = -Kt + B \quad (3)$$

となり、ここから

$$\frac{d(DO)}{dt} = -K(do) \quad (4)$$

が導かれる。また、室内実験で用いた瓶の中での収支式は、

$$V \frac{d(DO)}{dt} = -Av \quad (5)$$

となる。ここに、 V :ガラス瓶の容積、 A :ガラス瓶の底面積、 v :単位面積あたりの酸素消費速度である。式(4)、(5)より、

$$v = -\frac{V}{A} \frac{d(DO)}{dt} = \frac{V}{A} K(DO) \quad (6)$$

右边を $\frac{V}{A} K = K'$ とすると、

$$v = K'(DO) \quad (7)$$

となる。式(2)、(7)より、

$$K'(DO) = k \cdot DO \cdot T^\beta \cdot IL^\gamma \quad (8)$$

$$\therefore K' = k \cdot T^\beta \cdot IL^\gamma \quad (9)$$

両辺の自然対数をとると、

$$\ln K' = \ln k + \beta \ln T + \gamma \ln IL \quad (10)$$

という式が導き出せる。

$K' = \frac{v}{A} K$ より、 K に各月のそれぞれのため池の比例定数の値を代入することで K' を求めることができるため、このときの未知数は β と γ と k の3つとなる。ここで各月のそれぞれのため池の K' 、 T (現地調査時の水温)、 IL を代入し、それぞれのため池の各季節で3つの式を連立することで未知数を求めることができる。これらの未知数が求め式(3)に代入し、その池の酸素消費速度の式を得た。

3. 研究と考察

3.1 底質の強熱減量と底層溶存酸素濃度の季節変化

図2に強熱減量と溶存酸素濃度(底層)の季節変化を示す。溶存酸素濃度(底層)についてみると、両池ともに成層が発達する夏季に小さくなる傾向がうかがえる。一方、強熱減量についてみると、口池では夏季には20%を超えており、冬季と比べても高い数値となっていた。この夏季を過ぎるとまた数値が減少しているが12月からは強熱減量が再度増加していることがわかる。なお、強熱減量はあくまで有機物の含有量の目安であり、生物の生息量や活動量を直接的に表す指標でないことに注意する必要がある。奥池の強熱減量値は調査を実施した全期間を通して口池よりも高く、夏季には30%を超えた。12月には口池同様に10月の値を上回ったため、奥池でも有機物の流入・沈殿が考えられる。1月には口池の数値を下回っているため、この時季は口池の方が有機物の量が多かったことがわかる。地盤工学会編『土質実験基本と手引き』では強熱減量試験でのヘドロの測定例を8.0%としており⁽⁸⁾、この数値と比較しても口池と奥池の強熱減量は高い水準であることがわかる。

3.2 溶存酸素濃度、及び二酸化炭素分圧の計測結果

図3に室内実験におけるガラス容器内の溶存酸素濃度の計時変化を示す。また、図4に二酸化炭素分圧の時

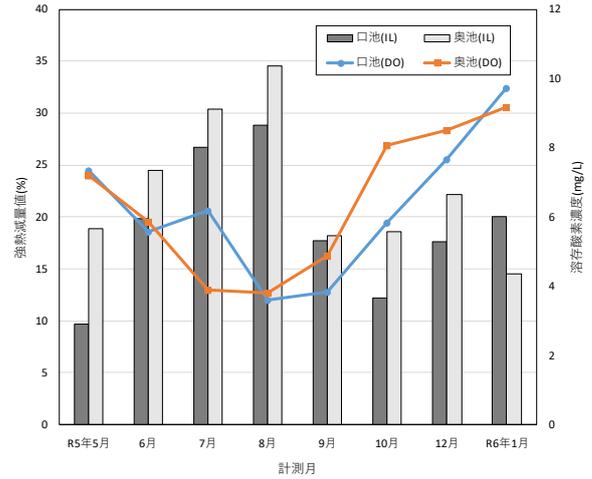


図2 強熱減量と溶存酸素濃度の季節変化

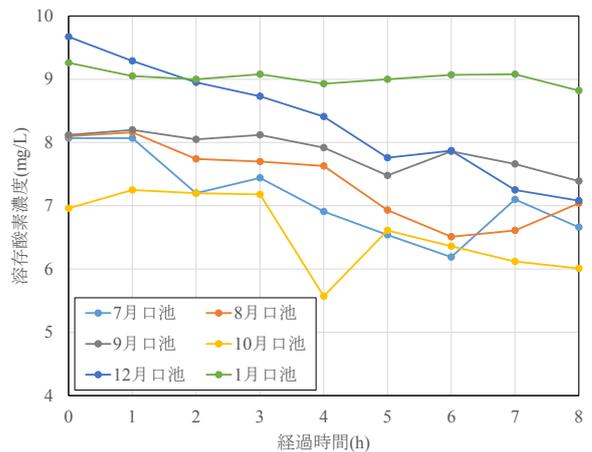
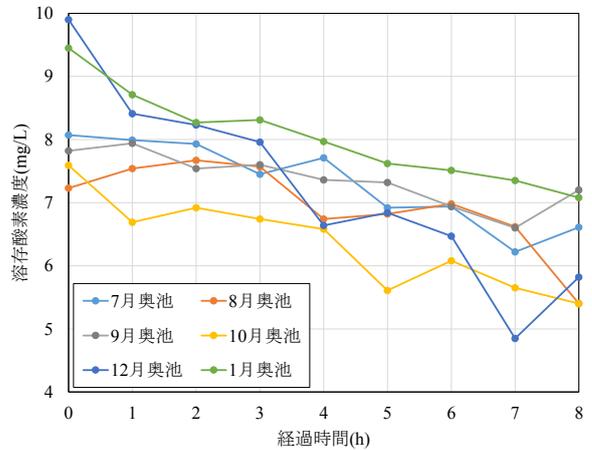


図3 溶存酸素濃度の時間変化

間変化を示す。

図3より、全体的に奥池の方が口池よりも溶存酸素の減少量が大きく、酸素消費速度が速い傾向があることがわかった。また、図4より、奥池の方が二酸化炭

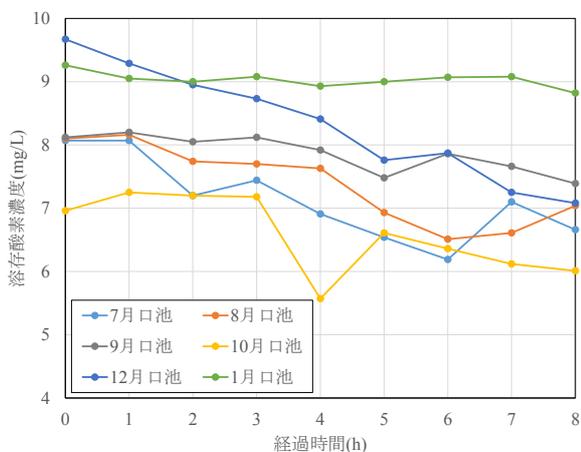
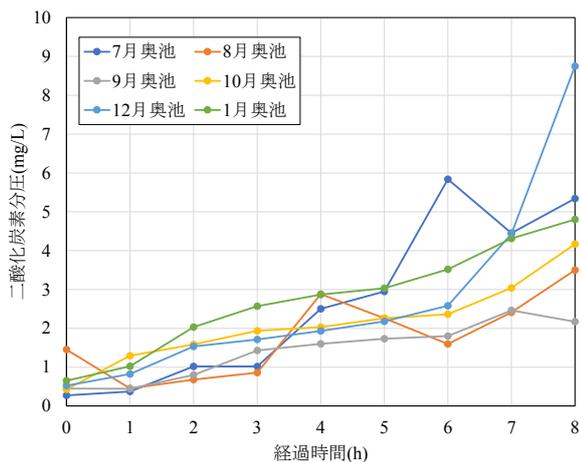


図4 二酸化炭素分圧の時間変化

素分圧の増加量が多いため、酸素を消費して二酸化炭素を放出する傾向は奥池の方が高いと考えられる。現地調査で水中の溶存酸素濃度が比較的低かった7~9月と他の時季を見比べると、7~9月よりも溶存酸素濃度の時間減少量が大きい月もあった。そのため、水中の溶存酸素濃度が低い時季に採取した底泥であるほど溶存酸素消費速度が速いとは限らない。1月の口池では時間変化を示す線がほぼ水平になっており、酸素がほとんど消費されなかったことがわかる。この時の口池の底泥の強熱減量は20.0%であり、決して低くないため、酸素消費量が小さかったのは有機物を分解する好気性微生物が少なかったからであると言える。この時の口池は「掻い掘り」によって水位が著しく低下しており、そうした影響によってこれらの微生物の活性が落ちた可能性も考えられる。

溶存酸素消費速度の算出のために必要な比例定数 K を決定するために、溶存酸素濃度の自然対数と経過時間の関係性を求めた(図5)。比例定数 K はこのグラフの傾きの値である。表1に、各月のそれぞれのため池の比例定数 K の値を示す。口池・奥池ともに変動が大きく、ため池内の溶存酸素量は年間を通じて大きく変動して

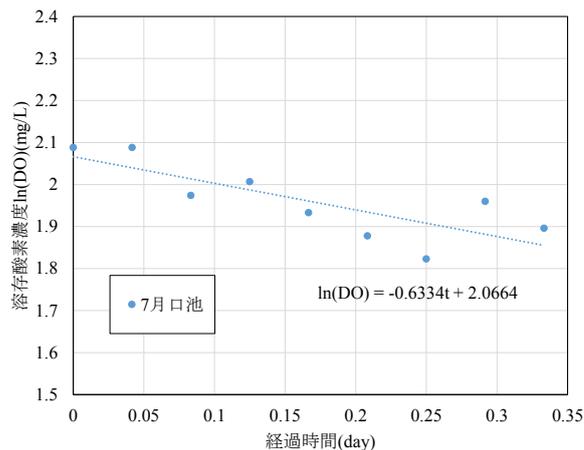


図5 比例定数 K の算出

表1 比例定数 K

	R5年7月	8月	9月	10月	12月	R6年1月
口池	0.633	0.658	0.284	0.571	0.946	0.0713
奥池	0.756	0.74	0.435	0.924	1.764	0.778

表2 式の誘導に用いた値

	R5年7月		8月		9月	
	口池	奥池	口池	奥池	口池	奥池
強熱減量(%)	26.75	30.39	28.79	34.50	17.74	18.17
比例定数 K	0.633	0.756	0.658	0.740	0.284	0.435
水温(°C)	25.1	26.7	25.9	32.0	26.4	28.4
容積(cm ³)	120					
瓶の底面積(cm ²)	17.35					
	10月		12月		R6年1月	
	口池	奥池	口池	奥池	口池	奥池
強熱減量(%)	12.14	18.61	17.56	22.12	20.00	14.52
比例定数 K	0.571	0.924	0.946	1.764	0.0713	0.778
水温(°C)	21.7	21	11.8	12.1	5.9	7.1
容積(cm ³)	120					
瓶の底面積(cm ²)	17.35					

いることがわかる。

3.3 酸素消費速度を求める式の誘導 上記の比例定数 K 、強熱減量の値、室内実験時の水温を用いて式(10)を基に溶存酸素消費速度を求める式を誘導する。表2は式の誘導に用いる値や、式(10)中の K' を求めるための室内実験で用いたガラス瓶の容積・底面積等の諸データを整理したものである。ここでは、式(10)中の未知数である $\ln k$ 、 β 、 γ を $\ln k = a$ 、 $\beta = b$ 、 $\gamma = c$ とする。これらの数値を表2に示す数値と併せて夏季(7, 8, 9月)と、冬季(10, 12, 翌1月)にわけて、それぞれのため池

表3 各未知数の値

未知数	各未知数の意味	夏		冬	
		口池	奥池	口池	奥池
a	脱酸素係数の自然対数	6.44	3.15	-40.56	-1.71
k	脱酸素係数	6.26×10^2	2.33×10	2.43×10^{-18}	1.81×10^{-1}
b	水温の指数	-2.51	-0.98	5.67	-0.38
c	強熱減量の指数	1.65	0.99	10.71	2.40

表4 酸素消費速度の特徴

		溶存酸素の消費	水温の影響	有機物量の影響
口池	夏季	速い	負の方向に大きい	小さい
	冬季	遅い	正の方向に大きい	かなり大きい
奥池	夏季	速い	小さい	小さい
	冬季	遅い	小さい	大きい

の三元連立方程式を解くことにより、未知数 a, b, c を求めた (表3)。これらの値のうち、 a はネイピア数 e の累乗にして脱酸素係数 k として、また b, c はそのまま β と γ として式(3)に代入することで溶存酸素消費速度を求める式を誘導した。

導出された溶存酸素消費速度の式を以下に示す。

口池夏季：

$$v = 6.26 \times 10^2 \cdot DO \cdot T^{-2.51} \cdot IL^{1.65} \quad (11)$$

口池冬季：

$$v = 2.43 \times 10^{-18} \cdot DO \cdot T^{5.67} \cdot IL^{10.71} \quad (12)$$

奥池夏季：

$$v = 23.3 \cdot DO \cdot T^{-0.78} \cdot IL^{0.99} \quad (13)$$

奥池冬季：

$$v = 1.81 \times 10^{-1} \cdot DO \cdot T^{-0.38} \cdot IL^{2.40} \quad (14)$$

口池の強熱減量の指数部を比較すると、夏季は 1.65 であるのに対して、冬季は 10.71 とかなり高い値となっており、有機物の影響が大きく表れることがわかる。また、水温の指数部については、夏季は -2.51 と負値となっているが冬季は 5.67 となっていた。本来水温が高い方が溶存酸素の消費が速いと考えられているが、得られた式では水温の指数部分が負値となり、水温が高くなるにつれて溶存酸素の消費が遅くなるという結果を示した。この理由としては、成層の形成による底層の貧酸素化によって、好気性微生物の活性が落ちたことが考えられる。脱酸素係数 k については、口池夏季では 6.26×10^2 であり、比較的高い値となっている。よ

表5 酸素消費速度

	R5年7月	8月	9月	10月	12月	R6年1月
奥池	205.89	198.02	146.95	511.64	1007.22	484.77
口池	268.82	163.40	74.33	219.27	473.91	47.70

って夏季の口池では底泥による溶存酸素の消費は常に高い水準であるがその分水温と有機物量の変動による影響が比較的少ないと考えられる。反対に冬季の脱酸素係数は 2.43×10^{-18} と、非常に低い値となっており、溶存酸素の消費は水温と強熱減量の変動による影響を大きく受ける傾向にあることがわかった。脱酸素係数が低いのは、水温が低い冬季は生物活性が低く溶存酸素の消費がほとんど行われなためと考えられる。奥池の式を見ると、夏季と冬季の水温の指数部がそれぞれ -0.78, -0.38 であり、どちらも負の値であるが絶対値がそこまで大きくないため水温による影響は比較的小さいことがわかった。強熱減量の指数部は夏が 0.99、冬が 2.40 となり、冬の方が有機物量による影響が大きかった。口池と同様に夏季の脱酸素係数の方が大きいため、有機物量によっては夏の方が溶存酸素の消費が速い可能性は十分に考えられる。また強熱減量試験や室内実験においても、夏季に採取した底泥の強熱減量値は冬より高かったものの室内実験での比例定数 K は冬より小さかったため、夏の強熱減量の影響が小さいのは実験の結果から考えれば不合理なことではない。上の表4は式(11)~(14)から考えられる溶存酸素消費速度に関する特徴を定性的に表現したものである。表5にこれらの式に各月の底層の水の溶存酸素濃度、水温、底泥の強熱減量値を代入して得られた結果を示した。夏季において、酸素消費速度が冬季よりも低下するのは成層化による貧酸素状態の進行で生物活性が落ちること、冬季の口池における酸素消費速度の低下は「掻い掘り」の影響の可能性が考えられる。

4. まとめ

本研究では溶存酸素の消費速度に着目してため池の底質の影響についての研究を行い、酸素消費速度を求める式を導出することを目的とした。それと併せてため池の大まかな特徴を把握するために現地での調査による水質計測を行った。本研究で得られた結果を以下にまとめる。

現地調査によって得られた結果として、底層の溶存酸素濃度の季節変化についてみると、奥池・口池ともに成層が発達する夏季に小さくなる傾向がうかがえた。一方、底質の強熱減量についてみると、奥池の強熱減量値は調査を実施した全期間を通して口池よりも高く、夏季には 30% を超えていた。口池においても、夏季に

は20%を超えていた。地盤工学会編『土質実験基本と手引き』では強熱減量試験でのヘドロの測定例を8.0%としており⁽⁸⁾,この数値と比較しても口池と奥池の数値は高い水準であることがわかった。

室内実験における溶存酸素濃度、及び二酸化炭素分圧の計測結果から、全体的に奥池の方が口池よりも溶存酸素の減少量が大きく、酸素消費速度が速い傾向があることがわかった。また、酸素がほとんど消費されなかった1月の口池では、「掻い掘り」の影響によって、有機物を分解する好気性微生物が少なかった可能性が考えられた。

これら調査・実験により得られた結果を用いて酸素消費速度を求める式を誘導したところ、脱酸素係数は生物の活動が活発であると考えた夏季に高くなっているため、溶存酸素の主な消費要因は生物・微生物の活動によるものであるということがわかった。口池も奥池も採取された底泥中にザリガニ等が捕獲されたために生物の生息そのものは確認できている。得られた式からは、夏季において、酸素消費速度が冬季よりも低下するのは成層化による貧酸素状態の進行で生物活性が落ちることや、「掻い掘り」の影響で冬季の口池における酸素消費速度の低下することが示された。

参考文献

- (1) 中村充, 上北征男, 大竹臣哉, 根本剛, 田中陶子: 底泥生物による酸素消費速度に関する研究, 1999年日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp.163-164, 1999.
- (2) 前田高広, 鈴木正彦, 大井節男, 佐々木洋二: 底泥が水質に与える影響, 農業土木学会誌, 64巻, 4号, pp.351-356, 1996.
- (3) 細井由彦, 村上仁士, 上月康則, 底泥による酸素消費に関する研究, 土木学会論文集, No.456, pp.83-92, 1992.
- (4) 宇野宏司, 齋藤輝: 都市河川流域における小さな自然再生による豊かな海の実現に向けた社会実装, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 第78巻, No.2, pp.I_649 - I_654, 2022.
- (5) 宇野宏司, 北村美咲, 辻本剛三, 柿木哲哉: 都市河川河口域における酸素消費速度の時間変化, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 第72巻, No.2, pp.I_646-I_651, 2016.
- (6) 齋藤輝, 宇野宏司: 都市河川河口人工わんど内に敷設した鉄鋼副産物の酸素消費特性, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 第77巻, No.2, pp.I_601-I_606, 2021.
- (7) 中村充, 大竹臣哉, 糸洌長敬: 海の生物の環境浄化法, 1995年日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp.119-122, 1995.
- (8) 地盤工学会: 第8章 土の化学的性質の試験, 土質実験基本と手引き 第三回改訂版, 丸善出版, pp.65-70, 2022.

電気主任技術者に関する明石高専の学生の意識調査

中川 卓也* 大向 雅人** 津吉 彰***

Awareness Survey on Chief Electrical Engineer : Akashi Kosen Students

Takuya NAKAGAWA* Masato OHMUKAI** Akira TSUYOSHI***

ABSTRACT

The national qualification of chief electrical engineer is widely needed in an electrical field. This article thoroughly surveys the students' awareness of the qualification in Akashi Kosen based on a questionnaire. From the survey results, we found that awareness increases as the student grade becomes higher, students are more attracted to the qualification itself rather than the credits that can be obtained by the qualification, and the level of qualification is so high that students in Akashi Kosen have only challenged the third grade of the qualification.

Keywords : chief electrical engineer, qualification, awareness survey

1. はじめに

高専教育は、5年間という限られた教育課程において、1年次より徐々に専門教育が増えていくといった特徴がある。本校（明石高専）入学者の中には、卒業時にどのような『資格』が取得できるのか調べてくる学生も少なくない。卒業後一定条件を満たすと取得できる資格や専門分野の資格を取得すると科目単位が認定される等、形態はさまざまである。ちなみに、明石高専は資格を取得すると単位認定される科目が開設されている。神戸高専は電気主任技術者（以下、電験と呼ぶ）第二種の指定校となっている。そのような中で、電気系の資格で電験に着目した。『電気を使う』ことは専門性に関係なく、日常生活や仕事においても切っても切れない関係である。現に、停電が起こると仕事にならなかつたりする。そのような状況において、電験は電気系の基礎となる国家資格であり、卒業時に取得していれば就職や転職時に大きなプラスになると考えられる。以前より、高専の電気工学科カリキュラムと電験に係る認定基準に関する調査研究⁽¹⁾や電験技術者を育てる体験型教育に関する研究⁽²⁾、学校教育と電験の社会的ニーズに関する研究⁽³⁾、電験取得のための指導と

学習意欲向上に関する研究^{(4)~(6)}、企業における電験教育に関する報告^{(7) (8)}など、電験に関する多くの研究が行われてきた。そのような国家資格である電験に関して、学生の電験に対する意識や電験の取得状況はどうなっているのか、アンケート調査を実施し、比較・検討を行う。

2. 電験について

2.1 電験とは 電験とは事業用電気工作物（電気事業用及び自家用電気工作物）の維持・管理・運用に関する保安監督者のことである。つまり、電気の仕様設備の安全を保ち、監督することができる国家資格である。監督するものは電気を供給したり受電したりするための設備や屋内配線等となる。活躍の場は、発電所や変電所、工場やビル、病院や公共機関などが一般的である。一方で電気を扱う仕事ではあるが、水力・火力・原子力発電設備に関わる仕事は範囲外となる。資格は、第一種、第二種、第三種に分けられていて、それぞれ扱える設備に制限がある。それらを表1にまとめる。

表1 資格の種類と扱える設備について

第一種	すべての事業用電気工作物
第二種	電圧が17万ボルト未満の事業用工作物
第三種	電圧が5万ボルト未満の事業用工作物 (出力5,000kW以上の発電所を除く)

* 明石工業高等専門学校 技術教育支援センター
技術専門員

** 明石工業高等専門学校 電気情報工学科 教授

*** 神戸市立工業高等専門学校 電気工学科 教授

2.2 電験の難易度について 電験合格率の推移⁽⁹⁾について、表2にまとめる。なお、第一種から第三種ごとに直近3年のデータとし、総受験者数と最終合格者数から合格率を出したものとする。

表2 電験合格者の推移

	年度	総受験者数	最終合格者数	合格率
第一種	令和3年度	1,851	72	3.9%
	令和2年度	1,802	134	7.4%
	令和元年度	1,869	103	5.5%
第二種	令和3年度	7,215	413	5.7%
	令和2年度	7,474	701	9.4%
	令和元年度	8,228	574	7.0%
第三種	令和3年度	37,765	4,357	11.5%
	令和2年度	39,010	3,836	9.8%
	令和元年度	41,543	3,879	9.3%

表2より、第三種は約10%、第二種は約7%、第一種は約5%の合格率であることがわかる。

電気系の国家資格に第二種電気工事士がある。電気工事士とは一般住宅や小規模店舗等の電気工事や管理を行う資格である。第二種電気工事士の合格率の推移⁽⁹⁾を表3にまとめる。

表3 第二種電気工事士合格率の推移

年度	総受験者数	最終合格者数	合格率
令和3年度	206,643	84,684	41%
令和2年度	134,289	52,868	39.4%

表3より、第二種電気工事士の合格率は約40%程であることがわかる。

表2・表3を比較すると、第二種電気工事士の合格率が約40%に対して、電験の第三種の合格率は約10%、第二種・第一種はさらに低い合格率となっていることから、電験の難易度はかなり高いと考えられる。

2.3 電験の人員不足について 電気業界では電験のみならず人員不足問題を抱えている。原因は、

- ・電気設備の増加
- ・電験の難易度が高い
- ・電験の認知度が低い⁽¹⁰⁾
- ・高齢者の退職に伴う『2025年問題』⁽¹¹⁾等が挙げられる。

毎年電気設備は増加している。例えば、記憶に新しい東京オリンピックやこれから開催される大阪・関西万博2025等による電気設備の増加も要因の一つである。イベントに伴う施設増設や大型レジャー施設・一般建築物の新規電気設備導入に伴い、電験の需要は増え続けると考えられる。

電験の難易度については前述の通りである。難易度の高さに加え、認知度が低い⁽¹⁰⁾ことも人員不足の要因と考えられる。

さらに、2025年問題に伴う高齢者の退職が影響を及ぼすと考えられる。2025年問題とは、団塊世代が後期高齢者となり「超高齢化社会」へ突入する問題⁽¹¹⁾である。豊富な知識・経験を持つ技術者が多く退職に伴い、人員不足はさらに加速すると考えられる。

2.4 電験のメリット 今となっては、電気は日常生活に欠かせないものとなっている。今後においても、電気設備は増加し、通信技術もさらに発展していくと考えられる。それらを踏まえると、電験の需要はなくなると考えられる。また、電気は日常生活に欠かせないという別の観点から、社会への貢献度が高いとも考えられる。

3. アンケートの実施

電験の資格に関するアンケートについて、2019年度の明石高専電気情報工学科1～5年生の5クラス、及び2022年度の明石高専電気情報工学科4・5年生の2クラスにおいて実施した。なお、2019年度の5クラスを対象としたのは、

- ・近年、電験の資格を有した人員不足が問題となっている
 - ・学生の電験に対する意識を調査するため
- である。また、2022年度の4・5年生を対象としたのは、
- ・2019年度当時、1・2年生であった学生が、4・5年生となって電気の専門知識を習得し、電験についてどのような変化が見られたか
 - ・環境的・心理的な変化から傾向がうかがえるという理由が挙げられる。

また、本校は平成11年度に電気工学科を電気情報工学科に改組した。それに伴い、4年次以降は電気電子工学コース（以下、EDコースと呼ぶ）と情報工学コース（以下、EJコースと呼ぶ）にわかれ、電気電子工学または情報工学の分野に関する専門性の高い教育を行っている。これは当時、情報工学・通信工学における技術の発達が著しいため、電気電子分野と情報工学分野における専門性の高い技術教育が必要⁽¹²⁾といった時代の影響にともなうものであった。このコース分けが電験にどのような影響を及ぼしているのか、アンケート結果の傾向や信頼性の裏付けになると考えられる。

なお、明石高専の電気情報工学科1年生は1E、2～5

年生も同様に 2E~5E, 4・5 年生の ED・EJ コースは 4ED・4EJ, 5ED・5EJ としている。

4. アンケート結果と考察

4.1 2019 年度アンケート結果について 2019 年度の 5 クラスを対象に行ったアンケートの検討を行う。

まず、設問で“電験を知っていますか?”の問いについて図 1, “電験について、いつ知りましたか?”の問いについて、図 2 に示す。

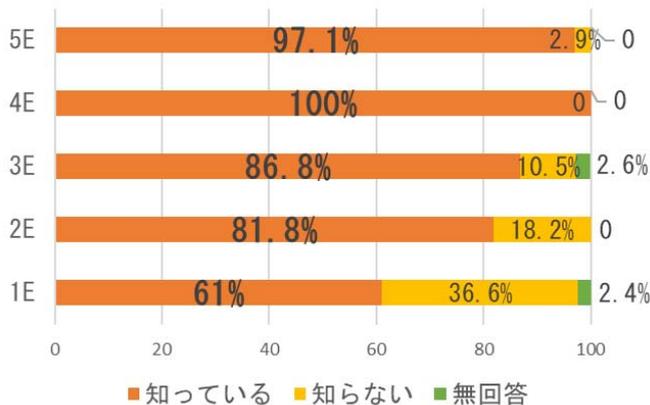


図 1 「電験を知っていますか？」に関する回答結果



図 2 「電験について、いつ知りましたか？」に関する回答結果

図 1 より、低学年から高学年になるほど電験の認知度が高くなっていることがわかる。

図 2 より、入学前より入学後に電験を知る学生の方が多く、高学年になるにつれて認知度が高くなっていることがわかる。

図 1・2 より、高学年になり、電気の専門分野の勉強を行う過程で電験について触れる機会が多くなることに起因すると考えられる。

次に、“電験を受験したことがありますか?”の問いについて図 3, “何種を受けましたか?”の問いについて図 4 に示す。

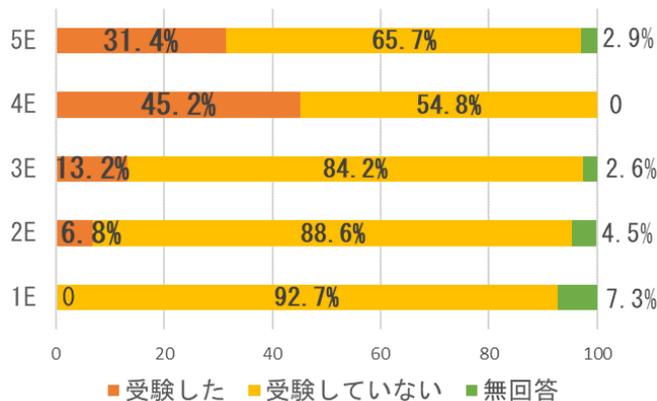


図 3 「電験を受験したことがありますか？」に関する回答結果

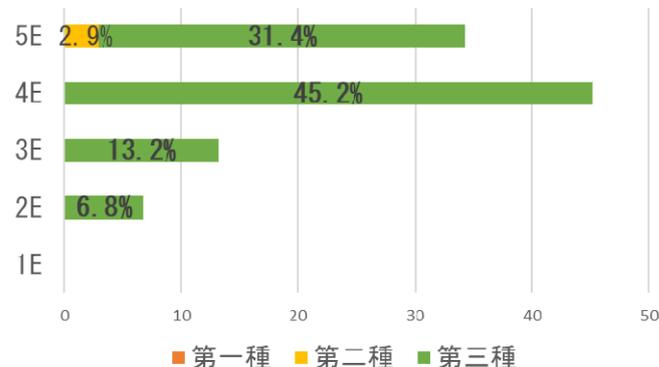


図 4 「何種を受けましたか？」に関する回答結果

図 3 より、高学年になるほど電験の受験率が高いことがわかる。

図 4 より、低学年の電験受験者は少なく、高学年になると受験者が 3~4 割強と高くなることがわかる。また、一般的にも“難易度が高い”ということも踏まえると、受験者のほとんどが第三種になることは仕方ないと考えられる。

次に、受験者の「合格状況」について図 5, 「受験しなかったのは何故ですか？」の問いについて図 6 に示す。

図 5 より、第一種・第二種の合格者はなく、第三種の合格者が 8.6%という結果になった。

一般的に第三種の合格率は 10%程度と言われていることを鑑みると、第三種合格の難易度は高いと考えられる。

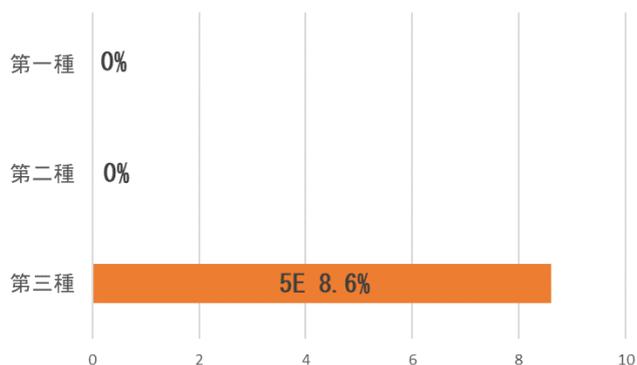


図5 「電検合格者」に関する回答結果

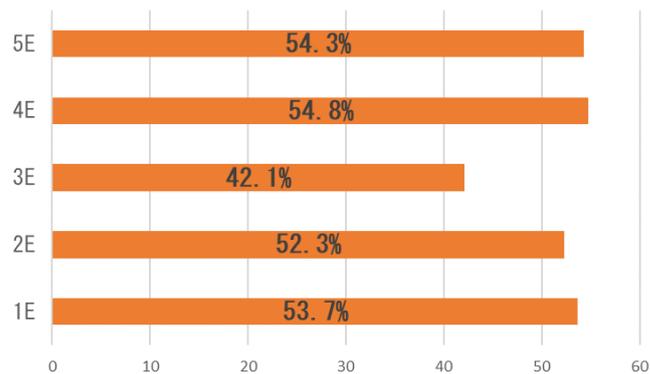


図8 「電気関係の専門資格である」と回答した結果

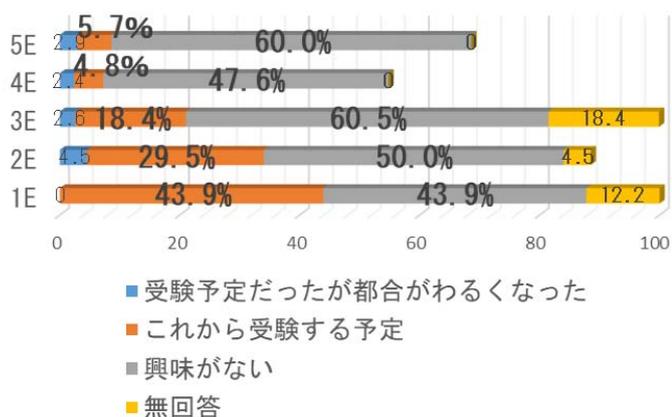


図6 「受験しなかったのは何故ですか？」に関する回答結果

図6より、低学年は“これから資格を取得したい”と考えている学生は3割程いるが、“興味がない”と回答している学生が5割程となっている。

次に、“電験のメリットは何だと思いますか？”の問いについて、「国家資格である」と回答した結果を図7、「電気関係の専門資格である」と回答した結果を図8、「単位として認められる」と回答した結果を図9、「将来に対する備えのため」と回答した結果を図10に示す。

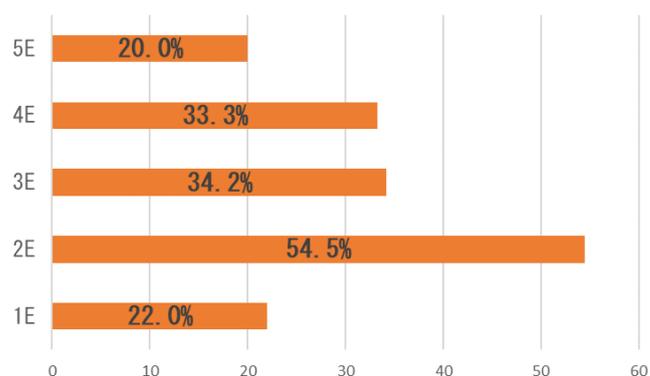


図9 「単位として認められる」と回答した結果

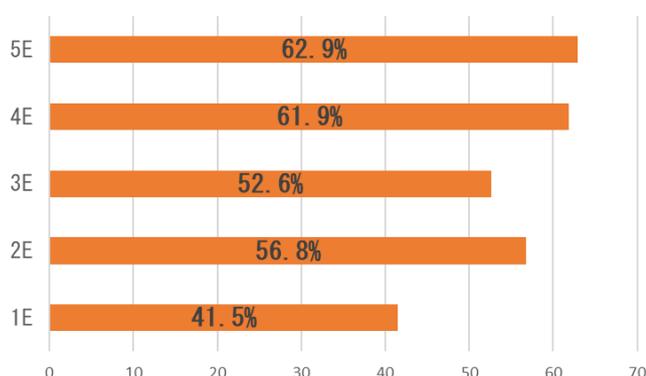


図7 「国家資格である」と回答した結果



図10 「将来に対する備えのため」と回答した結果

図9より、“単位として認められる”を選択した学生は3割程であった。図7・8・10より、“資格”や“将来の備え”を選択した学生はいずれも5割を超えていた。これらのことから、学生にとっては“単位”が取得するというよりも“資格”を取得することの方に強い魅力を感じていると考えられる。

次に、“電験のデメリットは何だと思いますか？”の問いについて、「受験日程が合わない」と回答した結果を図11、「会場が遠い」と回答した結果を図12、「受験料が高い」と回答した結果を図13、「試験範囲や難易度が高い」と回答した結果を図14に示す。

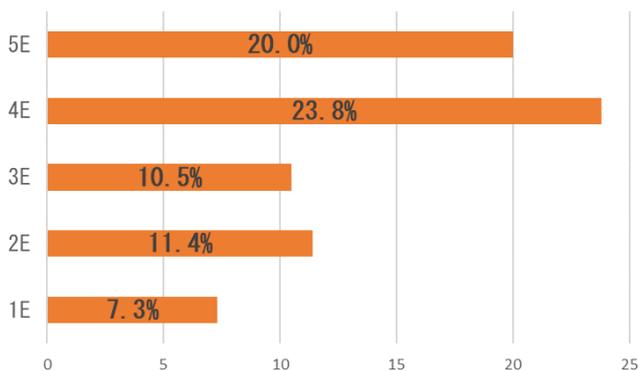


図 1 1 「受験日程が合わない」と回答した結果

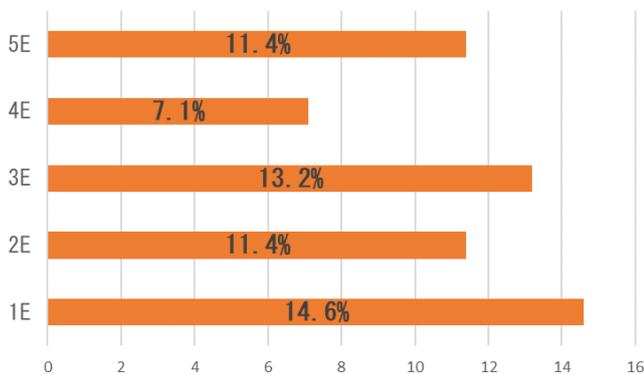


図 1 2 「会場が遠い」と回答した結果

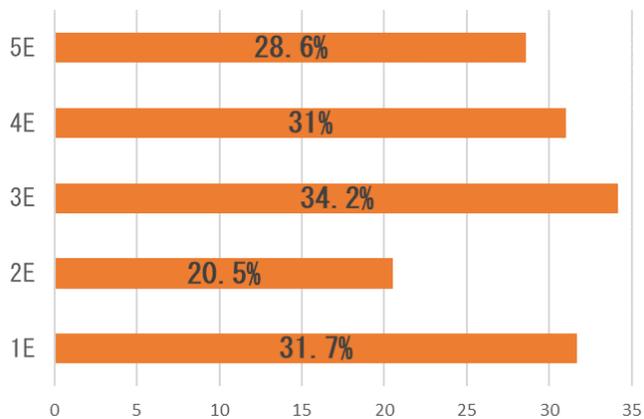


図 1 3 「受験料が高い」と回答した結果

図 11～図 14 より，“受験日が合わない”・“会場が遠い”はアンケート結果から問題ではないことがわかる。また，第三種を受験する学生がほとんどであることを踏まえると重要な問題ではないと考えられる。次に，“受験料が高い”は 3 割程である。2019 年当時の第三種受験料は 5 千円程，第一種・第二種受験料は 1 万 3 千円程である。2022 年度以降，第三種は 8 千円程，第一種・第二種受験料は 1 万 4 千円程に値上げしている，図 4 より，第三種を受験する学生がほとんどであることを

考えると，これもそれほど大きな問題ではないと考えられる。次に，“試験範囲や難易度が高い”は 5 割強の回答が得られており，学生は“試験範囲や難易度の高さ”が最も重要な問題と捉えていると考えられる。

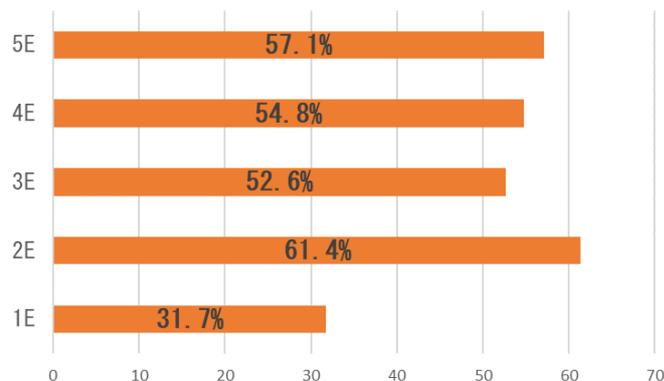


図 1 4 「試験範囲や難易度が高い」と回答した結果

4.2 ED コース・EJ コースについて 本校は，平成 11 年度に電気工学科を電気情報工学科に改組し，4 年次以降は ED コースと EJ コースにわかれることは前述の通りである。まず 2019 年度、2022 年度の ED・EJ コースの割合に関する図をそれぞれ図 15，図 16 に示す。

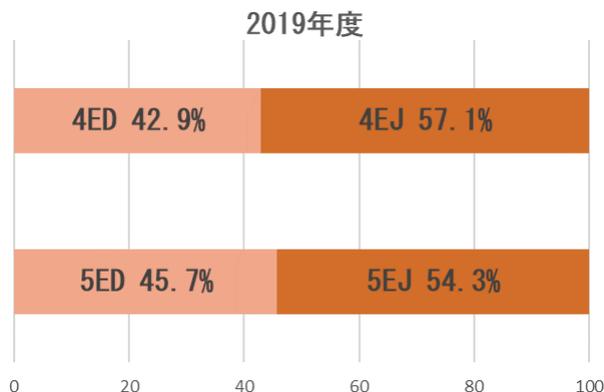


図 1 5 2019 年度 ED・EJ コース別割合

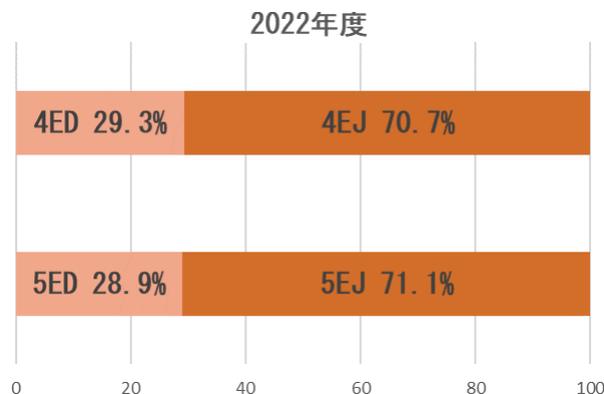


図 1 6 2022 年度 ED・EJ コース別割合

図 15・16 を比較すると，2019 年度の ED コースは 4.5 割程，EJ コースは 5.5 割程であった。2022 年度で

は ED コースが 3 割弱, EJ コースが 7 割強の割合となり, 圧倒的に EJ コースに人気が集まっていることがわかる. 近年, 大学・高専において DX 推進計画が進められている. DX とは, Digital Transformation の略で, デジタル技術を積極的に取り入れ, それらを活用した教育高度化プラン⁽¹³⁾を文部科学省が推進している. また, 社会全体においても情報化が進んでおり, それらが ED・EJ のコース分けにも大きく影響していると考えられる.

4.3 2019 年度(当時 4E・5E)アンケート結果と 2022 年度(4E・5E)アンケート結果との比較について 2019 年度当時 4E・5E のアンケート結果と 2022 年度の 4E・5E のアンケート結果について比較検討を行う.

最初に, “電験を受験したことがありますか?” の問いについて, 2019 年度を図 17 に, 2022 年度を図 18 に示す.

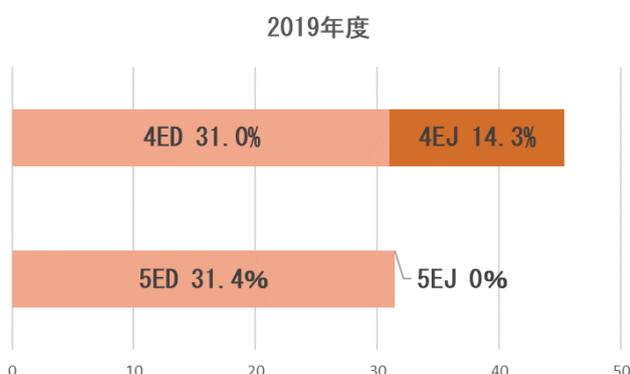


図 17 電験を受験したことがあると回答した 2019 年度 ED・EJ コース別回答割合

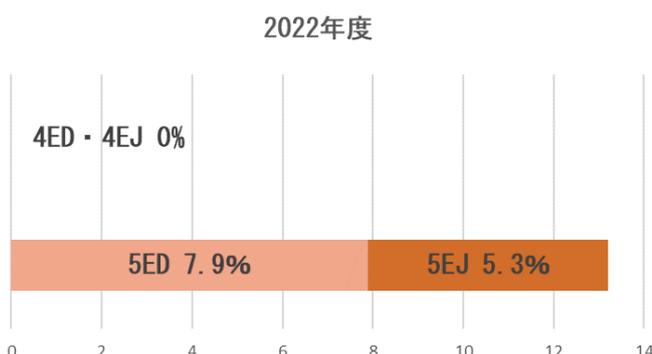


図 18 電験を受験したことがあると回答した 2022 年度 ED・EJ コース別回答割合

図 17・18 より, 2019 年度では 4 割弱だった受験者が 2022 年度では 1 割にも満たない状況となっている.

次に, “何種を受けましたか?” の問いについて, 2019 年度を図 19 に, 2022 年度を図 20 に示す.

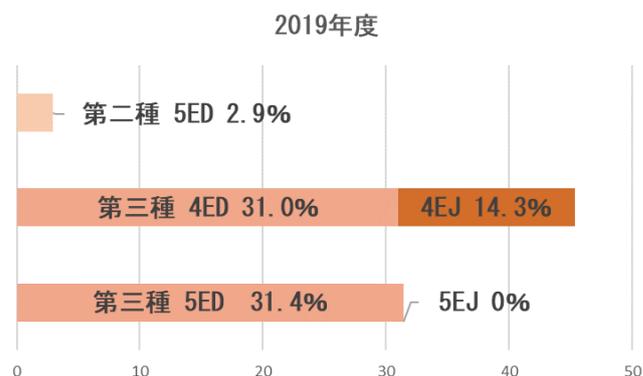


図 19 「何種を受けましたか?」に関する 2019 年度 ED・EJ コース別回答割合

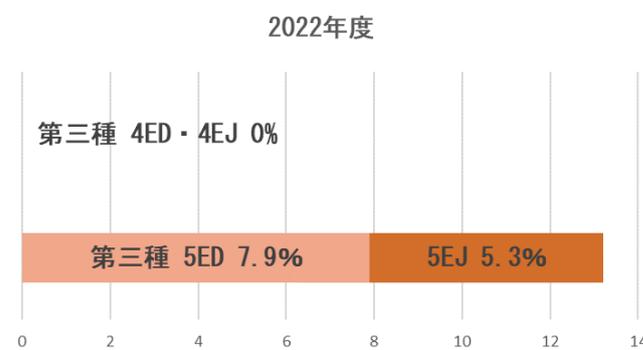


図 20 「何種を受けましたか?」に関する 2022 年度 ED・EJ コース別回答割合

図 17~20 より, 2019 年度の 4E・5E の Total 受験者数は 31 人であったが, 2022 年度 4E・5E の Total 受験者数は 5 人であった. 2022 年度受験者は 2019 年度受験者の約 6 分の 1 まで減少しており, 受験者自体が大きく減ったことがはっきりと見て取れる. これは, 電験の難易度が高いということも多少影響しているかもしれないが, 社会全体が情報化していく流れに大きく影響を受けていると考えられる.

次に, 電験の合格状況について, 2019 年度を図 21 に, 2022 年度を図 22 に示す.

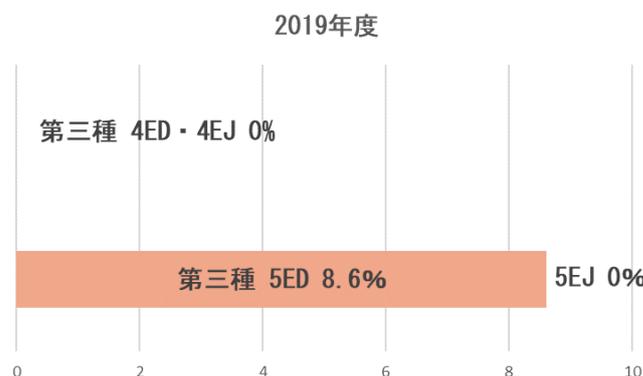


図 21 合格と回答した 2019 年度 ED・EJ コース別回答割合



図 2 2 合格と回答した
2022 年度 ED・EJ コース別回答割合

図 21・22 より、第三種試験の合格者数について、大きな変化は見られない。

以上図 17~22 より、近年受験者数は大幅に減っているが、電験合格者には影響していないと考えられる。つまり、電験に興味を持つ学生は減ったが、電験合格レベルは変わっていないということがいえる。

次に、“受験しなかったのは何故ですか？”として「興味がない」と回答した割合について、2019 年度を図 23 に、2022 年度を図 24 に示す。

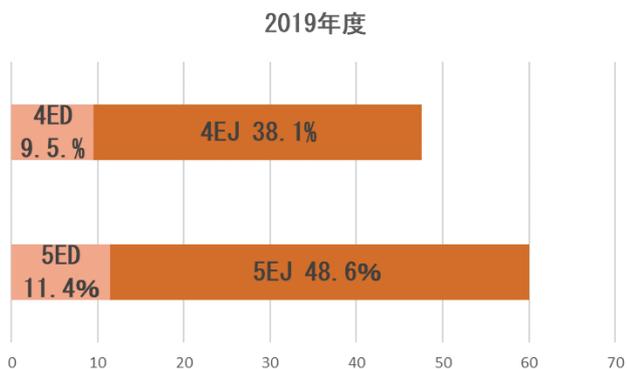


図 2 3 受験しなかった理由として「興味がない」と回答した 2019 年度 ED・EJ コース別回答割合

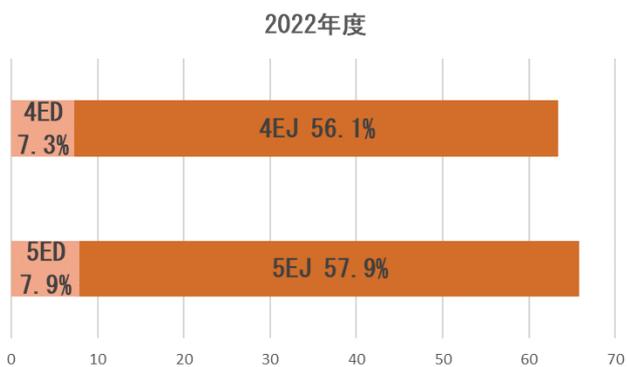


図 2 4 受験しなかった理由として「興味がない」と回答した 2022 年度 ED・EJ コース別回答割合

図 23・24 より、受験しなかった理由「興味がない」の回答について、ED コースについては 2019 年度・2022 年度のどちらも大きく変化していない。しかし、EJ コースは 2019 年度に 4.5 割程だったものが 2022 年度には 6 割弱まで増加していることがわかる。これは 2022 年度において、ED コースを選択した学生が減少し、EJ コースを選択した学生が増加したことに大きく影響を受けていると考えられる。

次に、“電験のデメリット”の一つとして「試験範囲や難易度が高い」と回答した割合について、2019 年度を図 25 に、2022 年度を図 26 に示す。

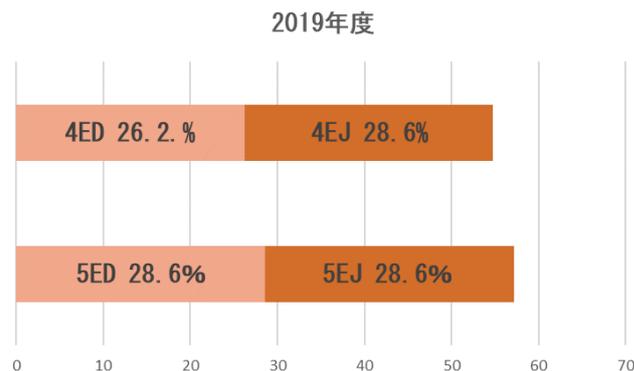


図 2 5 電験デメリットとして「試験範囲や難易度が高い」と回答した 2019 年度 ED・EJ コース別回答割合

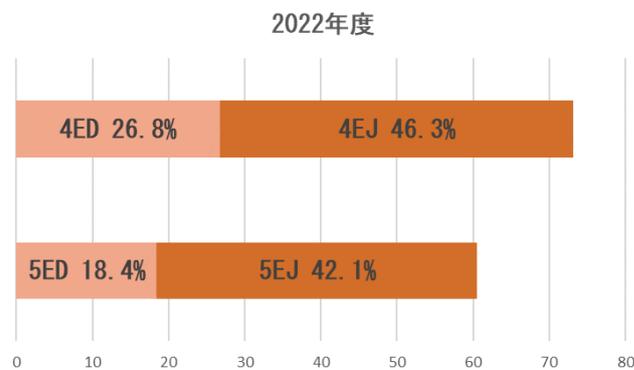


図 2 6 電験デメリットとして「試験範囲や難易度が高い」と回答した 2022 年度 ED・EJ コース別回答割合

図 25・26 より、電験デメリットの「試験範囲や難易度が高い」の回答について、ED コースについては 2019 年度・2022 年度のどちらも大きく変化していない。しかし、EJ コースは 2019 年度に 3 割弱だったものが 2022 年度には 4.5 割程まで増加していることがわかる。これは、“受験しなかった理由の「興味がない」”と同様、2022 年度において、ED コースを選択した学生が減少し、EJ コースを選択した学生が増加したことに大きく影響を受けたと考えられる。

4.4 自由記述について アンケート結果の自由記述についてまとめる。

<2019 年度>

- ・基礎が固まっていない2年だとすごく難しい (2E)
- ・めっちゃむずかし (3E)
- ・法規が難しい (4ED)

といった回答が寄せられた。

図 3 より、低学年よりも高学年の方が電験受験率は高いこと。図 13 より、試験範囲や難易度が高いと5割強の回答が得られていること。上記自由記述の内容等を踏まえると、難易度は高く専門知識を習得した高学年での受験が望ましいと考えられる。

次に、

<2019 年度>

- ・将来電気工事などの仕事に就くなら取った方がいいと思うが、そうでない人のとるメリットは感じない (5ED)

<2022 年度>

- ・ED コースなら受験していた (4EJ)
- ・この資格を持っていても就職に有利になると思わない。とる必要を感じない (4EJ)

といった回答が寄せられた。

図 16・17 より、受験者数の減少。図 22・23 より、興味がないという回答が増加しており、特に EJ コースは顕著に現れていること。上記自由記述の内容等を踏まえると、社会情勢の影響も大きく受け、電験の資格を取得する魅力が薄れていると考えられる。

4.5 まとめ 以上より、これまでの考察をまとめる。

- ・電気の専門分野の勉強を行う過程で電験について触れる(知る)機会が多くなり、電験の認知度があがっていく
- ・学生にとっては“単位”が取得できることよりも“資格”が取得できることに強い魅力を感じている
- ・“試験範囲や難易度の高さ”が最も重要な問題と捉えている
- ・基礎が固まっていない低学年では電験受験は難しく、専門知識を習得した高学年での受験が望ましい。また、電験は範囲が広く難易度の高さが影響し、受験者のほとんどが第三種である
- ・文科省が DX 化を推進、社会全体においても情報化が進んでいる。それらの影響を受け、近年では ED コース進学者(3割弱)が減り、EJ コース進学者(7割強)が増えている。ED コース進学者が減少したことによって、電験受験者が減少したと考えられる。
- ・電験受験者数は減少したが、第三種試験の合格者数には大きな変化が見られない。一般的にも本校の電験受験者にとっても、それだけ電験の難易度が高い

ということが考えられる。

5. おわりに

電検について学生がどのような意識しているか、アンケート調査を実施し論じた。多くの学生は、電気の専門知識を学んでいく過程で“電験”を知り、“国家資格”であることに魅力を感じつつも、“試験範囲が広く、難易度が高い”ことに葛藤しながら、電験受験に挑戦する学生がいた。しかし、情報・通信技術が著しく発展し、文科省が DX 化を推進するなど社会情勢が大きく変化している。今後においても、情報・通信技術は更に発展していくと考えられる。それらの影響を大きく受け、ED コース進学者が減り、EJ コース進学者が増えるという結果となった。EJ コース進学者が増えたことにより、電験に対する関心が減り、電験受験者が激減するという事態に陥っていることがわかった。『電気を使う』ことは日常生活や仕事をするうえで切っても切れない関係である。今後、電験に対する社会的状況に対応しつつ、多くの電験技術者が社会で活躍されることを期待している。

参考文献

- (1) 坪根治廣：「高専の電気工学科教育に関する調査研究」, 日本工業教育協会誌, 第31巻, 第3号, pp. 44-49, 1987.7.
- (2) 市川紀充：「電気設備技術者を育てる初年次体験型学習教育」, 電気設備学会誌, 32巻, 5号, pp. 319-323, 2012.
- (3) 藤田五郎, 中村哲廣：「電気主任技術者資格と学校教育」, 電気学会誌, 126巻, 6号, pp. 382-385, 2006.
- (4) 森 勝行, 堀内 豊, 石原 昭, 小林真治：「電気に関する資格取得指導と学習意欲の向上」, 日本工業教育協会, 平成19年度 工業教育研究講演会講演論文集, pp. 364-365, 2007.
- (5) 森 勝行, 堀内 豊, 石原 昭, 松橋卓也, 平石義博：「電気に関する資格取得指導と学習意欲の向上(2)」, 日本工業教育協会, 平成22年度 工業教育研究講演会講演論文集, pp. 156-157, 2010.
- (6) 森 勝行, 石原 昭, 各務敏彦：「資格取得指導と学習意欲の向上と学習効果」, 日本工業教育協会, 平成25年度 工業教育研究講演会講演論文集, pp. 310-311, 2014.
- (7) 小林一美：「電気設備技術者の教育研修 (株) 関電工」, 電気設備学会誌, 25巻, 6号, pp. 415-417, 2005.
- (8) 木村慈夫：「(株) きんでんにおける技術者教育の現況」, 電気設備学会誌, 25巻, 6号, pp. 418-420, 2005.
- (9) <https://www.shiken.or.jp/situation/index.html>, 「一般財団法人 電気技術者試験センター 試験実施状況の推移」 参照
- (10) 「電気保安人材の中長期的な確保に向けた課題と

対応の方向性について（平成 30 年 3 月 12 日）」、経済産業省 産業保安フループ 電力安全課, 2018.3.12, 参照.

- (11)<https://tap-biz.jp/business/common-sense/1019205>, 「2025 年問題の問題点と対策 | 厚生労働省／医療／看護／介護」参照
- (12) 富田 實, 類家光雄, 工藤憲昌, 土屋幸雄, 釜谷博行, 工藤隆男, 細川 靖, 松橋信明, 中村嘉孝:「電気工学科の改組」, 八戸高専紀要, 第 38 号, pp. 37-43, 2003.12.
- (13)https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/sankangaku/1413155_00003.htm, 文部科学省「デジタルを活用した大学・高専教育高度化プラン」参照

アップサイクルと AI 技術活用のための教材開発

藤本健司* 早稲田一嘉**

Development of Sustainable Educational Materials through Upcycling and Utilization of AI Technology.

Kenji FUJIMOTO* Kazuyoshi WASEDA**

ABSTRACT

The rapid advancement of digital transformation (DX) has led to the widespread use of 3D printers, but also increased electronic waste. Simultaneously, small and medium-sized enterprises (SMEs) struggle with DX implementation and AI talent development. This study proposes upcycling discarded 3D printers and PCs into AI-enabled robotic hands for light work. We redesign 3D printer mechanisms and integrate Linux and AI image recognition software on older PCs to create a low-cost, practical learning environment. This approach aims to train new technicians and students in AI skills, supporting DX in SMEs while reducing electronic waste, aligning with SDG 12. The project is expected to foster collaboration between educational institutions and local businesses through project-based learning, contributing to DX promotion in Japanese SMEs and establishing a sustainable model for technical education..

Keywords : engineering education, AI, upcycle, robot hands

1. はじめに

近年、製造業および IT 産業におけるデジタルトランスフォーメーション (Digital Transformation: 以下, DX) の加速に伴い, 3D プリンタやコンピュータ技術が急速に進展している. 特に, 2009 年の FFF (Fused Filament Fabrication) 方式 3D プリンタの基本特許失効後, パーソナルユースの 3D プリンタが大幅に普及することとなった⁽¹⁾. また, この技術の進歩により, 従来の製造プロセスが変革し, 多くの業界で新たな可能性が広がることとなった. しかし, 同時に, 初期に導入された多くの機器が急速な技術進化によって性能が不足し, これに伴う電子廃棄物の増加が深刻な環境問題として浮上している. そのため, この課題に対処するためには, 従来のリサイクルだけでなく, より革新的なアプローチが求められている.

一方, 日本政府は「MDASH (数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度)⁽²⁾⁽³⁾」プログラムを推進し, 数理・データサイエンス, および, AI 技術の

社会実装を加速させている. 特に中小企業における DX 推進は喫緊の課題であり, これに対応するための AI 人材の育成が重要視されているが, 中小企業は専門人材の不足や高額な外部委託コストといった課題に直面しており, 自社内での DX 推進は依然として困難を伴っている.

このような背景のもと, 本研究では, 廃棄予定の 3D プリンタと PC を活用し, これらのデバイスに AI 技術を取り入れた軽作業用ロボットハンドにアップサイクルすることを目指す. 具体的には, 廃棄される 3D プリンタの機構をロボットハンドに再設計し, 旧型 PC に Linux を導入したうえで, AI を利用することのできる画像解析ソフトウェアを組み込むことにより, 低コストで実践的な学習環境を提供する教育プログラムを構築する. この教育プログラムは, 新人技術者のトレーニングや学生教育に活用され, 中小企業の DX 推進に資する AI 人材の育成を目指している.

また, 本アプローチは, SDGs (持続可能な開発目標) の目標 12「つくる責任 つかう責任」に合致し, 電子廃棄物の削減に貢献するとともに, AI 技術を取り入れた人材育成と中小企業の DX 推進を同時に実現するこ

* 電子工学科 教授

** 機械工学科 教授

とが可能である。さらに、高等専門学校や大学などの教育機関が地域企業と連携し、実践的な PBL (Project-Based Learning) を通じて次世代の技術者を育成するための新たな基盤としても期待できると考えている。

また、この取り組みを通じて、日本の中小企業における DX 推進や、持続可能な技術教育モデルの確立に寄与することを目指す。

2. ハードウェアおよびソフトウェアの選定

以下に、今回使用するハードウェアおよびソフトウェアの選定について述べる。

2.1 ハードウェアの選定(3D プリンタ)

今回の対象となる小型で低価格帯の 3D プリンタは、Arduino 互換ボードを基盤とした制御系を採用しているものが多く、これらは GRBL (G-code Reference Block Library: 以下、GRBL) 規格に準拠している。GRBL 規格の 3D プリンタは、シリアル通信で G コードを送信することで制御が可能であるという特徴がある。図 1 には、ロボットへの改造の基礎となる GRBL 形式のデスクトップ型 3D プリンタの例を示す。



図1 ロボットへの改造の基礎となるGRBL形式のデスクトップ型 3D プリンタの例⁽⁴⁾

また、3D プリンタには、ノズルやベースプレートヒーターのサーミスタによる温度測定によって、ステッピングモーターや冷却ファンの制御が制限される場合がある。ロボットとして使用するためには、これらの制限を取り除く必要があり、通常はファームウェアを変更することで対応できる。しかし、ファームウェアの変更が不可能な機種も存在する。このような場合、サーミスタが温度の変化に応じて抵抗値を変化させる性質を利用し、特定の温度でのサーミスタの抵抗値と同じ値の抵抗器をサーミスタの代替として接続することで、制限を解除することができる。

さらに、冷却ファンの DC モーターへの換装方法、ハンド部の 3D 造形データを準備する。

2.2 ハードウェアの選定(PC)

使用する PC としては、Windows 11 をインストールできない Intel 社の第 8

世代 Core 以前の CPU、または AMD 社の Ryzen 2000 以前の CPU を搭載した機種を対象とする。これらの古い世代の CPU を搭載した PC は、RAM や HDD の容量が少なく、Windows での再利用が困難であることが多い。そのため、古い構成の PC でも問題なく動作する Linux を導入することで対応する。この方法により、低スペックの PC でも効率的に活用し、低コストでの再利用が可能になる。

2.3 ソフトウェアの選定(画像解析ソフトウェア)

使用する画像解析ソフトウェアは、情報系の技術を取り扱わない製造現場の作業員でも操作しやすい、GUIを備えたものが望ましい。また、Windows, Mac, Linux のいずれのプラットフォームでも利用できるマルチプラットフォーム対応が必要である。これらの条件を満たすオープンソースの画像解析ソフトウェアとして、FIJI (ImageJ) ⁽⁵⁾を選定した。このソフトウェアには、マクロ機能 (マウス操作などを記録) が搭載されており、画像解析やその後のハードウェア制御プログラムを自作する場合、作業の敷居を大幅に下げることができる。

さらに、FIJIは、機械学習や深層学習のためのプラグインを多数提供している。例えば、GUIを介して機械学習を用いたピクセル分類が可能な Trainable Weka Segmentation ⁽⁶⁾やilastik⁽⁷⁾といったツールを利用することで、複雑な画像の分類が容易に行える(図2参照)。このため、製造現場でも手軽に高度な画像解析を実現できることが本ソフトウェアの大きな特徴である。

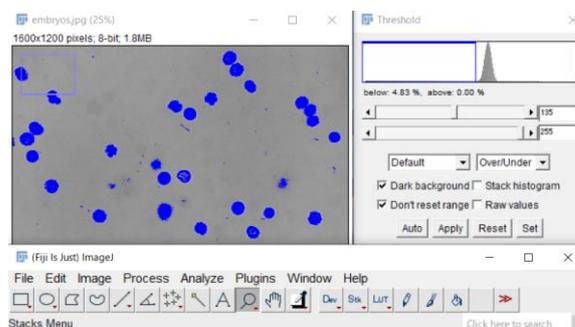


図2 FIJIの動作画面

2.4 ソフトウェアの選定(Python)

FIJIには多くのライブラリが備わっているが、その中にはWindowsで動作するものの、Linuxでは動作しないなど、マルチプラットフォーム対応が不十分なものがある。このような場合には、ライブラリの再設計が必要となる。FIJIで使用できるJythonはPython互換のスクリプトエンジンであり、マルチプラットフォームに対応しているが、Python 2系の互換性を持つため、最新のPython 3には対応していない。

そこで、本研究ではPython 3を用いて、FIJIで対応しきれないライブラリを再設計し、より広範な環境で利

用できるようにする。Python 3は、最新の機能やセキュリティ更新が含まれており、今後の保守性と拡張性を考慮し、選択を行った。

3. 提案するシステムとその概要

図3にFIJIを用いた3Dプリンタ改造AIロボットのシステム概略図を示す。

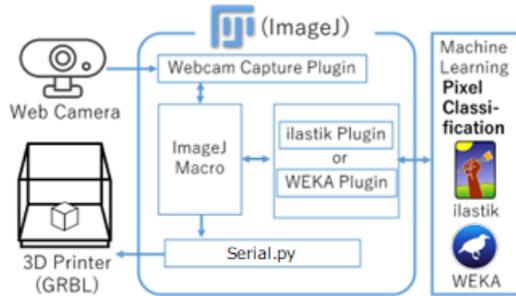


図3 提案するシステム概略図

本システムは、「事前準備」と「実稼働」の2つのフェーズで構成されている。3.1~3.2で事前準備について、3.3~3.5で実稼働の内容について説明する。

3.1 事前準備 (Web カメラを用いた画像撮影) まず、図4に示すように、Web カメラを用いて学習用画像(今回のケースでは、ワッシャーおよびスプリングワッシャー)の撮影を行う。なお、事前準備の作業については、プログラミングやAIの知識は必要なく、操作についても全てGUIで行えるようになっている。



図4 Web カメラで撮影した画像

3.2 事前準備 (ilastik を用いたピクセル分類) 次に、ilastik を使用してピクセル分類モデルを構築する。このモデルは以下の手順で構築可能である。

1) ユーザによるラベル付け 図5に示すようにユーザは特定のピクセルに手動でラベル付けを行い、各ピクセル p_i に対して、正解のクラス C_i を指定する。これにより学習用データが生成される。

$$\{(p_1, C_1), (p_2, C_2), \dots, (p_k, C_k)\} \quad (1)$$

2) 特徴量の抽出 各ピクセル p に対して、ガウス平滑

化やエッジ検出などの画像フィルタを適用し、特徴量ベクトル $\mathbf{f}(p)$ を算出する。

$$\mathbf{f}(p) = [f_1(p), f_2(p), \dots, f_n(p)] \quad (2)$$



図5 ラベル付け

3) ランダムフォレストによる分類 ランダムフォレストは、2)で抽出された特徴量ベクトル $\mathbf{f}(p)$ を用いて学習を行い、複数の決定木 T_1, T_2, \dots, T_m を生成する。各決定木は特徴量ベクトルを入力としてクラスを予測し、最終的には、多数決により最も多く予測されたクラスを正解として出力する。

$$\hat{C} = \text{mode}(T_1(\mathbf{f}(p)), T_2(\mathbf{f}(p)), \dots, T_m(\mathbf{f}(p))) \quad (3)$$

図6に学習結果の図を示す。図中の赤色部分はワッシャー、青色部分はスプリングワッシャーであることを示している。

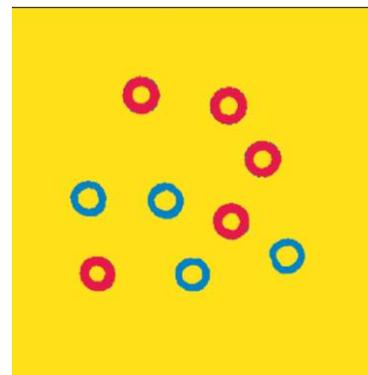


図6 学習後の結果

3.3 実稼働 (対象物の特定と座標の取得) まず、Web カメラから入力された画像は FIJI に取り込まれ、事前準備で構築したピクセル分類モデルにより、図6に示すようにクラス分けが行われる。その後、対象物の座標が取得され、g-code の生成が行われる。これらの作業にはプログラミングが必要だが、FIJI のマクロ機能を活用することで、ローコード(最低限のプログラムコード)で実装することが可能である。なお、必要なプログラミング知識としては、条件分岐や繰り返しの基本的な概念があれば十分である。

3.4 実稼働 (シリアル通信) 生成した g-code を 3D プリンタに送信するために、シリアル通信を採用している。当

初, FIJI の外部ライブラリを使用して実現を試みたが, ライブラリの不具合により使用が困難であることが判明した. そこで, Python 3 でシリアル通信を行うモジュールを作成し, このモジュールを FIJI のマクロから呼び出すことで, Windows, Linux, Mac の各 OS で動作することを確認した.

このようなモジュールの開発は, プログラミング初学者には難易度が高い場合があるため, 教材開発者側が必要に応じて準備する必要があるが, 使用者のスキルに応じた柔軟なシステム構築が可能である.

3.5 実稼働 (ロボットアームの操作) 最終的には, ロボットアームを自在に操作し, 先端のハンドで対象物の把持や解放を行い, 実際の工場などで使用できるレベルのものを目指している. 今回は, その前段階として, 簡易ハンドとして, 図7, 図8のような簡易ハンドを2種類作成し, 実証実験を行った. 簡易ハンド A については, ハンド部分は輪ゴムで構成されており, 物体の把持だけが可能となっている. 解放する際にはハンドを左右に移動させることで行う.

また, 簡易ハンド B については, 物体の把持と解放が可能となっている. なお, g-code には対象物の座標が指定されており, アームを指定された場所まで移動し, その後, アームを下降させて簡易ハンドで対象物を把持し, 所定の位置まで移動, または, 移動後, 物体を解放する命令が記述されている.



図7 簡易ハンド A



図8 簡易ハンド B

4. 実証実験

今回の実証実験では, 簡易ハンド A を用いてビー玉の検出と把持, またワッシャーとスプリングワッシャーの判別と把持を行った. また, 簡易ハンド B を用いて, 複雑な形状のフィギュアの把持および解放を行った.

4.1 簡易ハンド A を用いた実証実験(ビー玉) まず, 図9に示すように, FIJI を用いて青色のビー玉を判別し, 座標を取得した.

通常, 色情報のみを使用するピクセル分類では, 背景に存在する同色の領域が誤って検出されることがある. しかし, ilastik を用いた機械学習によるピクセル分類では, ビー玉部分のみを正確に分類できていることが確認できた.

その後, 分類されたピクセルに基づいて FIJI のポスト処理機能を利用し, 2 値化処理とパーティクルカウントを行って座標を取得した. この座標を基に g-code を自動生成し,

ビー玉を正確に把持することができた. 図10に実際に物体を把持する制御過程の一部を示す.

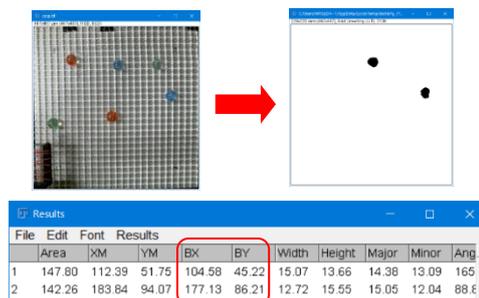


図9 青色ビー玉の検出と座標取得結果

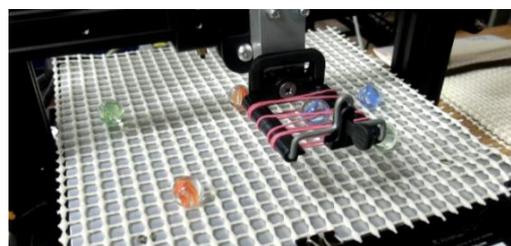


図10 実際に把持する制御を行っている様子

4.2 簡易ハンド A を用いた実証実験(ワッシャーとスプリングワッシャー) このケースでも, ilastik を用いたピクセル分類によってワッシャーとスプリングワッシャーを正確に判別し, それぞれの座標を取得することができた. 次に, ワッシャーとスプリングワッシャーを把持し, それぞれ指定された位置で解放して分類を行うことができた. 図11にその様子を示す.



図11 ワッシャーの分類を行った様子

4.3 簡易ハンド B を用いた実証実験(フィギュア) 図12に今回の結果を示す. この実証実験では, 4.1 や 4.2 で使用した単純な形状の対象物に代わり, 複雑な形状を持つ小型フィギュアを対象とした.

まず, 今までと同様に ilastik を用いてフィギュアをピクセル分類し, その座標を取得した. その後, 自動で作成した g-code を使用し, フィラメントエクストルーダーのステッピングモーターを流用した簡易ハンド B でフィギュアを把持し, 指定位置で解放することに成功した.

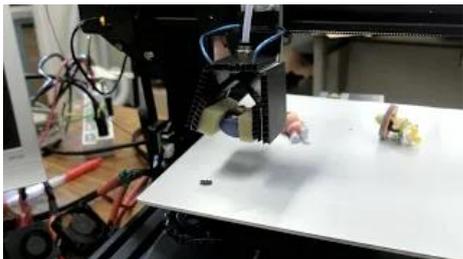


図 12 フィギュアを把持している様子

4.4 マルチ OS における実証実験(フィギュア) 4.3 の実証実験を FIJI および ilastik を用いて Ubuntu Linux (Ver.22.04) 上で実施し、その動作確認を行った。図 13 に Ubuntu Linux 上での動作の実証実験の様子を示す。図 13 より、マクロに変更を加えることなく、動作したことを確認できた。なお、学習済みモデルは Windows 上の ilastik により作成したものを用いた。また、同様に MacOS (Ver.14) での動作も確認することができた。

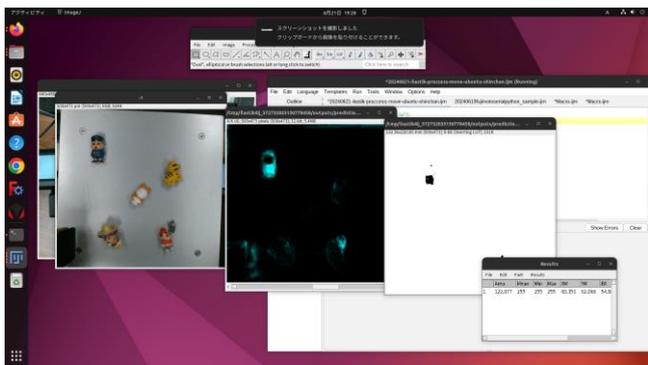


図 13 Ubuntu Linux 上での動作の様子

5. まとめと今後の課題

今回の研究では、GUI 操作のみでピクセル分類の学習済みモデルを構築し、ローコードでそのモデルを活用したロボットアームシステムを実現できた。

また、アームのアタッチメントとして簡易ハンド A および B を製作し、実験的に使用した。特に、簡易ハンド B では、3D プリンタのフィラメント押出機構のステッピングモーターを利用することで、実際の現場で利用可能な開閉機構を実現した。

これにより、提案するシステムは、機械学習からハードウェア設計、制御までのプロセスを学生や利用者が実践的に学ぶための優れた教育ツールであることが示された。また、オープンソースソフトウェアや再利用可能な機器を活用することで、経済的負担を軽減できる点も、高等教育機関や企業の PBL 教育や AI・ロボット教育に適していると考えられる。

今後は、利用者のスキルやニーズに応じたシステムの柔軟な構成が可能であるため、様々な利用者のフィードバックを受け、さらに多様な選択肢を提供できる

ようにシステムを改良していく予定である。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP20K0311, JP21K02821 の支援を受けて進められました。ここに謝意を表します。

参考文献

- (1) 山田竜司：ZDNET Japan 3D プリンタ市場は 7 年で 3 倍に--IDC 予測, <https://japan.zdnet.com/article/35066339/>, (最終閲覧日：2024 年 9 月 1 日)
- (2) 内閣府：「数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度(リテラシーレベル)」の創設について, <https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/suuri/ninteisousetu.pdf> (最終閲覧日：2024 年 9 月 20 日)
- (3) 神戸市立工業高等専門学校：神戸市立工業高等専門学校 数理・データサイエンス・AI 教育プログラム, https://www.kobe-kosen.ac.jp/education/datascience_ai/ (最終閲覧日：2024 年 9 月 20 日)
- (4) Voxelab, “Aquila DIY FDM 3D Printer”, <https://www.voxelab3dp.com/product/aquila-x3-fdm-3d-printer?cid=8> (最終閲覧日：2024 年 9 月 20 日)
- (5) Schindelin, J., Arganda-Carreras, I., et al.: Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 676–682, 2012
- (6) Ignacio Arganda-Carreras, Verena Kaynig, Curtis Rueden, Kevin W Eliceiri, Johannes Schindelin, Albert Cardona, H Sebastian Seung: Trainable Weka Segmentation: a machine learning tool for microscopy pixel classification. *Bioinformatics*, 33(15), 2424–2426, 2017
- (7) Stuart Berg, Dominik Kutra, Thorben Kroeger, Christoph N. Straehle, Bernhard X. Kausler, Carsten Haubold, Martin Schiegg, Janez Ales, Thorsten Beier, Markus Rudy, Kemal Eren, Jaime I Cervantes, Buote Xu, Fynn Beuttenmueller, Adrian Wolny, Chong Zhang, Ullrich Koethe, Fred A. Hamprecht & Anna Kreshuk: ilastik: interactive machine learning for (bio)image analysis, *Nature Methods*, 16, 1226–1232, 2019

神戸高専研究紀要第 63 号 編集委員

橋本 好幸 (総合情報センター長)	横山 卓司 (副センター長)	佐藤 洋俊 (副センター長)
松露 真 (副センター長)	藤田 政宏 (副センター長)	長 保浩 (機械工学科)
加藤 真嗣 (電気工学科)	根本 忠将 (応用化学科)	鳥居 宣之 (都市工学科)
松坂 千代美 (総務課)	大谷 麻予 (学生課)	溝口 敏男 (図書館)
河西 正人 (総合情報センター)		

研 究 紀 要 第 63 号 (非売品)

発 行 日 令和 7 年 3 月 1 日

発 行 者 神戸市公立大学法人

神戸市立工業高等専門学校

神戸市西区学園東町 8 丁目 3 番地

TEL (078) 795-3311 (代)

FAX (078) 795-3314