

福井工業高等専門学校

研 究 紀 要

自然科学・工学

第 56 号 (2)

RESEARCH REPORTS OF NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY (KOSEN),
FUKUI COLLEGE
NATURAL SCIENCE AND ENGINEERING NO.56(2)

MARCH 2023

目 次

Measurements of Chemical and Mechanical Properties for Polyethylene Plastic Shopping Bags - a Comparison between Brand-new and Waste Ones	<u>Masahiro FURUTANI</u> Taishi ICHIHASHI Tomoya KATAOKA	1
福井高専ジュニアドクター育成塾における DX 革命を目指して — 伝統産業とのコラボを実現する福井高専型 PBL —	<u>小 松 貴 大</u>	8

* 下線は投稿者

CONTENTS

Measurements of Chemical and Mechanical Properties for Polyethylene Plastic Shopping Bags - a Comparison between Brand-new and Waste Ones	<u>Masahiro FURUTANI</u> Taishi ICHIHASHI Tomoya KATAOKA 1
Toward DX Revolution at National Institute of Technology, Fukui College Junior Doctor Training School - National Institute of Technology, Fukui College type PBL for collaboration with traditional industries -	<u>Takahiro KOMATSU</u> 8

*The name of an underline means a contributor.

Measurements of Chemical and Mechanical Properties for Polyethylene Plastic Shopping Bags - a Comparison between Brand-new and Waste Ones

Masahiro FURUTANI*¹ Taishi ICHIHASHI* Tomoya KATAOKA**

Chemical and mechanical properties of a waste polyethylene plastic shopping bag was measured, and compared with those of brand-new ones. In the measurements of infrared spectroscopy and water contact angles, it was found that the chemical properties were different between waste and brand-new samples, and that the surface of waste samples was more hydrophilic than that of brand-new samples. On the other hand, results on the tensile stress measurements suggested that waste samples were more brittle than brand-new samples. Both chemical and mechanical values were different by the sides (outside or inside) and directions (vertical or horizontal) measured, which indicated that plastic products would be fragmented anisotropically. Furthermore, a preliminary extraction experiment was performed with chloroform, and *ca.* 1-10 wt% of soluble components were obtained from the waste and brand-new samples.

Keywords : chemical property, mechanical property, polyethylene, plastic shopping bag, waste

1. Introduction

Plastics have been indispensable for our daily lives. In 2020, 9.63 million metric tons of resins were produced in Japan, while 8.22 million metric tons of plastic waste was generated (86% was utilized for mechanical and feedstock recycling, fuel use and energy recovery, and 14% was not utilized).¹ Polyethylene (PE) is well-known as one of major commercial polymers. PE is widely used for packaging, insulating, molding, and coating, in various fields.² The amounts of PE resin production and disposal were 2.25 and 2.90 million metric tons (2020, Japan), respectively, which was larger than other much-used polymers (polypropylene, polyvinylchloride and polystyrene).¹ Therefore, it would be very important for environment preservation to manage PE material flow from the cradle to the grave.

Wastes of plastic materials including PE are just incinerated or landfilled, if they are not utilized as fuels or recycled resources. Polymer materials are generally softer than ceramic and metallic materials. As PE is a representative light-weight polymer (specific gravity: 0.91-0.95 g/cm³), PE wastes are apt to scattered with fragmenting from macro- (25-1000 mm) to micro-plastics (0.001-5 mm).³ Macro- and micro-plastics of PE have been

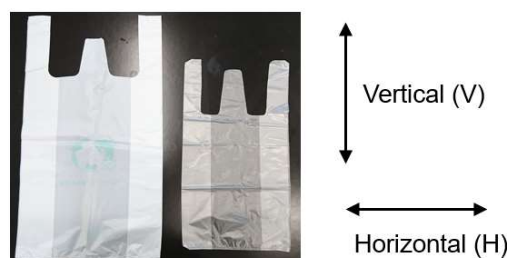


Fig. 1. Brand-new plastic shopping bags using in this study (left: **Brand-new 1**, right: **Brand-new 2**), and the definition of directions (vertical and horizontal).

mainly found in water or waterfront environments all over the world (in Asia, for example, India⁴, Philippines⁵, and Japan⁶).

To understand processes of the fragmentation of PE materials under UV irradiation, a few researches were reported. Lagarde *et al.* used a PE film (*ca.* 25 μm in thickness) as a sample, indicating that water penetrated in the films would play an important role for the fragmentation.⁷ Lambropoulou *et al.* reported analytical pyrolysis coupled to gas chromatography and mass spectrometry using isotropic PE films (*ca.* 350 μm in thickness), demonstrating that UV exposure made the films fragile.⁸ However, these researches adopted artificial PE samples and experimental conditions, which is not directly related to real PE wastes that contains additives and impurities. As shown in Fig. 1, in this article, we have chosen PE plastic shopping bags as

*Department of Chemistry and Biology

**Department of Civil and Environmental Engineering, Graduate School of Science and Engineering, Ehime University ¹furutani@fukui-nct.ac.jp

a familiar industrial product. By comparing between waste and brand-new samples, it was tried to abstract the facile distinguishable properties of them.

2. Experimental

2.1 Materials and Equipment

A fragment of waste plastic shopping bag (**Waste**: translucency, 10 μm in thickness) was removed from storm drainage by a dust collector at Nakasuga pump station, Matsuyama city, Ehime prefecture. Sludge sticking on the surface of **Waste** was washed away with tap water. Brand-new ones (**Brand-new 1**: milky white, 540 \times 300 mm, 10 μm in thickness, and **Brand-new 2**: translucency, 420 \times 230 mm, 13 μm in thickness, Fig. 1) were purchased from supermarkets in Sabae city, Fukui prefecture. It was confirmed that both bags were made from polyethylene (PE), by using attenuated total reflection infrared spectroscopy (ATR-IR spectroscopy, mentioned in section 3.1). Chloroform and methanol were purchased from NACALAI TESQUE, INC. (Kyoto, Japan). A filter paper (ADVANTEC®, qualitative No. 1, 0.2 mm in thickness, retention particle size: 6 μm) was used for reprecipitation in extraction experiments.

ATR-IR spectra were recorded using Spectrum100 (prism:

diamond/ZnSe, PerkinElmer, Inc., USA). Water contact angle was measured using SImage Entry 6 (Excimer, Inc., Japan). Tensile stress of each sample was recorded using MCT-2150 force tester (A&D Company, Ltd., Japan).

2.2 Evaluation of chemical properties

ATR-IR spectra were recorded on the both sides of each bag, named as “Out (-side)” and “In (-side).” “Out (-side)” was the printed side, while the printed ink was avoided for the measurement. In each spectrum, peak areas ($A_{O(N)-H}$ around 3700-3100 cm^{-1} , A_{C-H} around 3000-2800 cm^{-1} , $A_{C=O}$ around 1750-1650 cm^{-1} , and $A_{1300-1000}$ around 1300-1000 cm^{-1}) were analyzed for calculation of indices. Existence of functional groups at sample surface was evaluated by using the indices (normalized peak areas), *i.e.* $I_{O(N)-H}$ ($= A_{O(N)-H}/A_{C-H}$), $I_{C=O}$ ($= A_{C=O}/A_{C-H}$), and $I_{1300-1000}$ ($= A_{1300-1000}/A_{C-H}$). Water contact angle was also measured on the both sides with distilled water (8.2 μL per drop, $n = 3$). Films were fixed on a glass substrate with a double-sided tape. Unfortunately, in/outside was not distinguishable for the waste sample just in this experiment. The surfaces were named as “Side 1” and “Side 2.”

Extraction experiments were performed as follows (*see also* Fig. 2). Each sample (*ca.* 100 mg) was immersed into chloroform (5 mL), and allowed to stand at room temperature for a week.

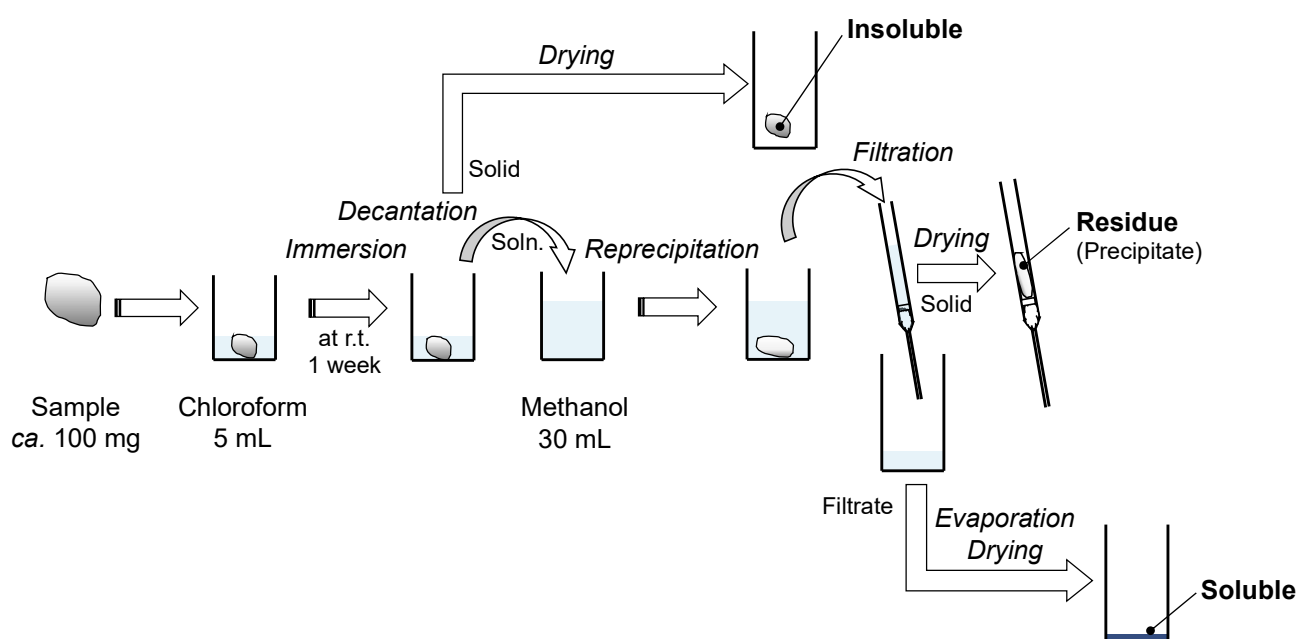


Fig. 2. Procedure of the extraction experiment for separating three parts, namely, “Insoluble,” “Residue” and “Soluble” components.

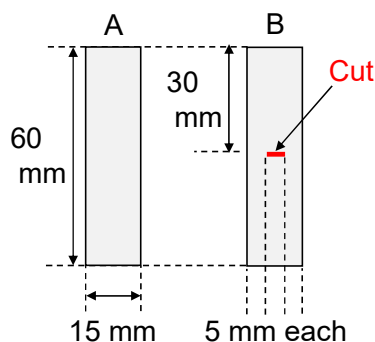


Fig. 3. Test pieces prepared for tensile stress measurements, A: with no cuts, and B: with a cut at the center position.

After decantation, the insoluble solid was dried *in vacuo*, to measure the dry-mass (Insoluble). On the other hand, the chloroform solution was poured into methanol (30 mL, poor solvent of reprecipitation), which was allowed to stand at room temperature for a few days. The precipitate was then collected on a filter paper, and dried *in vacuo*, to measure the dry-mass (Residue). The filtrate was evaporated to remove chloroform and methanol, followed by drying *in vacuo* and measuring the dry-mass (Soluble).

2.3 Evaluation of mechanical properties

Tensile stress measurements were conducted ($n = 3$). Rectangular test pieces (60×15 mm) were prepared for each sample (Fig. 3). The directions of cutting out were the vertical direction (V) and the horizontal one (H), as shown in Fig. 1. Test piece A did not have any cuts, while test piece B had a penetrated cut (5 mm in length) at the center position with a cutter. Test piece B was prepared to calculate fracture toughness K_{Ic} [$\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$] according to the equation,

$$K_{Ic} = Y \cdot \sigma_{\max} \cdot (\pi \cdot c)^{0.5}$$

where Y is geometrical factor (≈ 1), σ_{\max} is the maximum tensile stress, and c is half length of cut (2.5 mm).

3. Results and Discussion

3.1 Evaluation of chemical properties

First of all, ATR-IR spectral measurements were performed to confirm that the main component of samples were PE. As shown in Fig. 4, all spectra had characteristic peaks of PE around 2900 cm^{-1} (stretching vibration (ν) of methylene group) and 1500 cm^{-1}

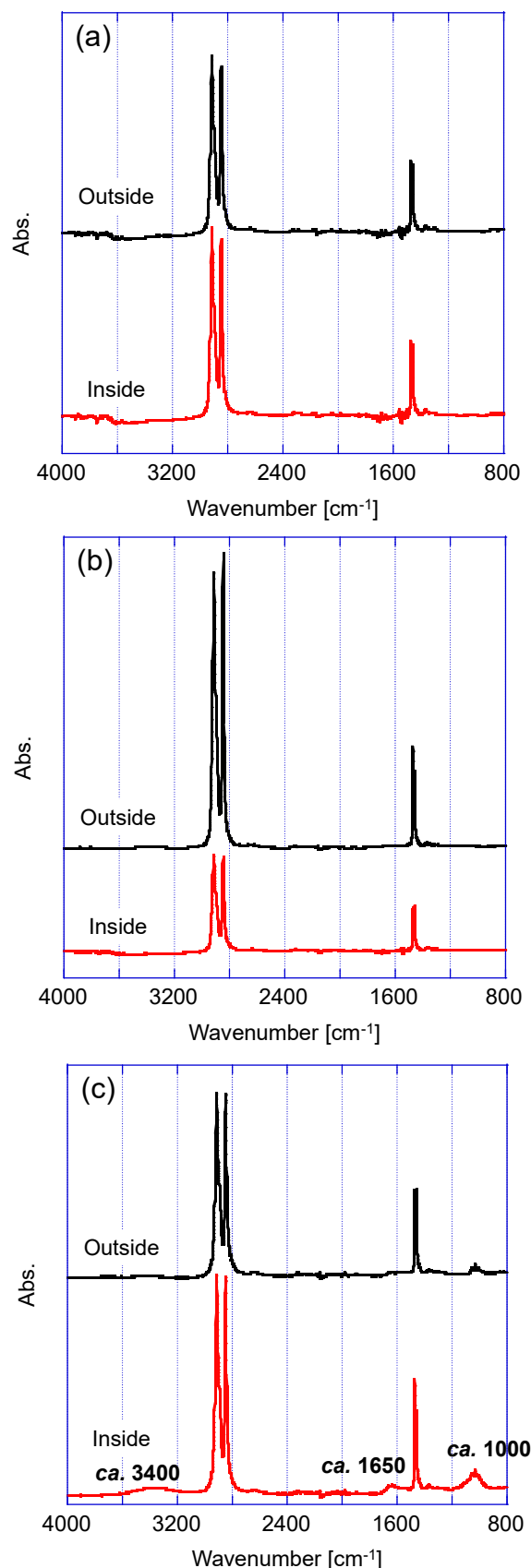


Fig. 4. ATR-IR spectra on the outside and inside for each sample, (a) Brand-new 1, (b) Brand-new 2, and (c) Waste.

(bending vibration (δ) of methylene group).⁹ In the cases of **Brand-new 1** and **Brand-new 2** (Fig. 4(a) and (b)), there were no other unambiguous peaks, indicating that deterioration of PE did not proceed. On the other hand, in the case of **Waste**, at least three additional peaks were observed, especially on the spectrum of “Inside” (Fig. 4(c)). A broad peak around 3400 cm^{-1} would be assigned to hydroxy groups (ν , having intermolecular hydrogen bonding) or amide (or amine) groups (ν). A peak around 1650 cm^{-1} would be assigned to carboxy groups (ν , partially ionized). On the other hand, the peak(s) around 1000 cm^{-1} could be assigned to various kinds of functional groups, such as alkyl groups (δ , except for methylene group), aliphatic ether groups (ν), peroxide groups (ν), amine groups (ν), thiocarbonyl groups (ν), sulfoxide groups (ν), sulfone groups (ν), halogenated methyl groups (δ), fluorinated alkyl groups (ν), and phosphine oxide groups (ν) and so on.⁹ Among these candidates, functional groups containing oxygen atoms would be generated through photo-oxidation reactions by sun-light exposure in air (mentioned below).¹⁰ All functional groups could be a partial chemical structure of additives in the material, and/or impurities from the environment. Table 1 shows indices for estimating the amounts of functional groups near the sample surface (*ca.* less than $2\text{ }\mu\text{m}$ in depth). There was almost no difference between the outside and inside in the cases of brand-new samples. On the other hand, in the case of **Waste**, it was found that both sides would be deteriorated, and that the inside had more functional groups than the outside. These results implied that deterioration of two film surfaces proceeded ununiformly in a sample, even if the initial chemical state was the same.

Fig. 5 shows the water contact angles of each sample surface. It was clearly found that **Waste** became more hydrophilic than brand-new samples. Variation in values of **Waste** was larger than brand-new samples, indicating these deterioration phenomena were caused unevenly on a surface.

From the results on both ATR-IR and water contact angle measurements, photo-oxidation reactions (Fig. 6) would contribute to hydrophilicity of the surfaces of **Waste**, because functional groups generated by reactions with oxygen (colored red) had polarity. Photo-oxidation reactions proceed in radical

Table 1. Indices of functional groups calculated from the results on ATR-IR spectral measurements for each sample.

Sample	Side	$I_{\text{O(N)-H}}$	$I_{\text{C=O}}$	$I_{1300-1000}$
Brand-new 1	Out	0.01	0.00	< 0.01
	In	0.01	0.00	< 0.01
Brand-new 2	Out	0.02	< 0.01	0.00
	In	0.01	0.00	< 0.01
Waste	Out	0.05	< 0.01	0.03
	In	0.11	0.02	0.14

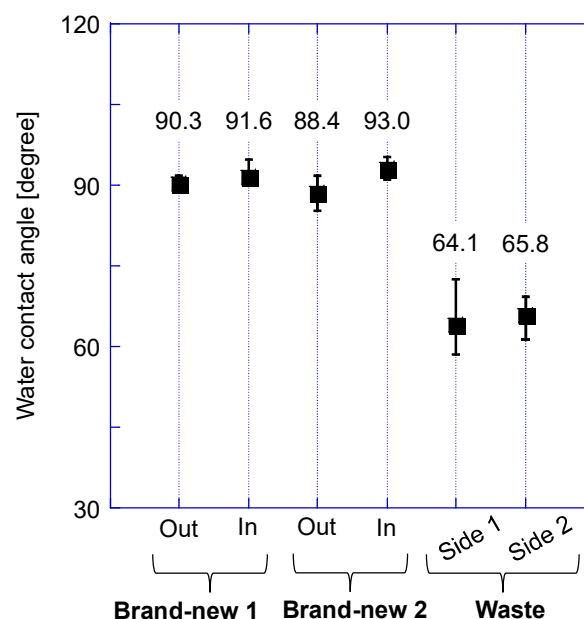


Fig. 5. Results on measurements of water contact angles for each sample. Average values are written ($n = 3$). The error bars mean difference between the maximum (or minimum) and the average value.

processes. Hydroxy and peroxide groups are generated through the autoxidation cycle. Formation of ether groups is a termination reaction. Carboxy groups would be generated from alkoxy radicals, through main chain scission reactions, including formation of end formyl groups (and corresponding alkyl radicals). Other functional groups in the figure (colored blue) could also be present at the surface, which were of additives and/or impurities. These compounds are low-molecular-weight in general, and they are more polar than PE main chains. It would be plausible that additives were segregated to hydrophilic surface after photo-oxidation reactions. Polar impurities would be also adsorbed to the hydrophilic surface.

Using **Brand-new 1**, **Brand-new 2**, and **Waste**, preliminary extraction experiments were performed with

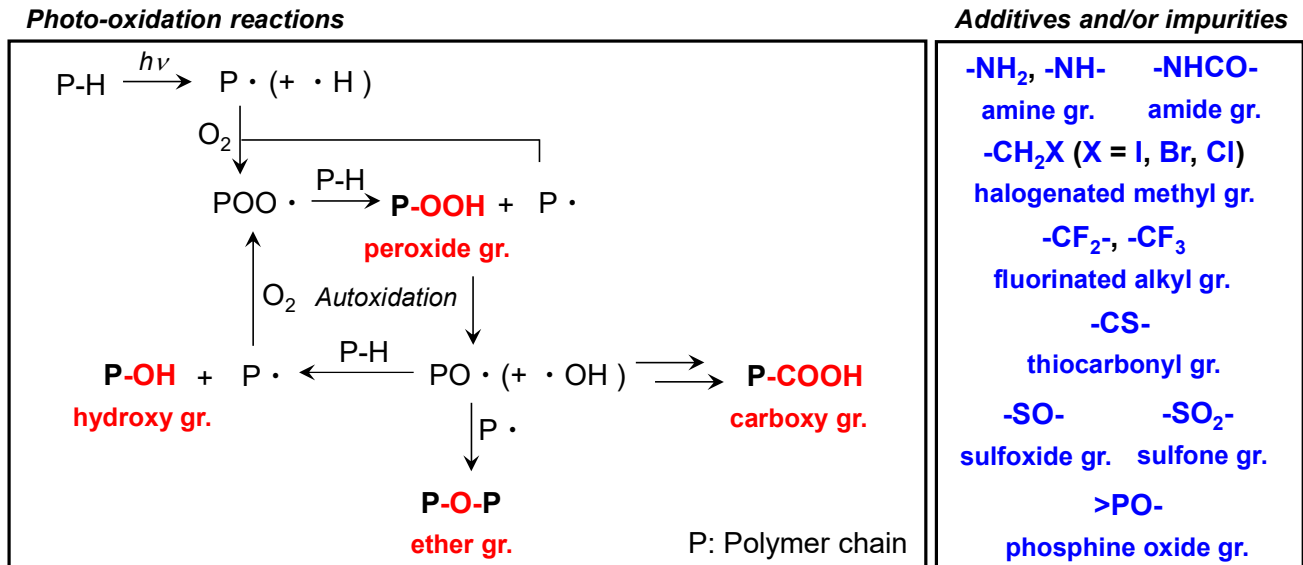


Fig. 6. A schematic view of possible photo-oxidation reactions (ref. 10), and chemical structures containing additives and/or impurities (ref. 9), based on the results on both ATR-IR (Fig. 4) and water contact angle (Fig. 5) measurements.

Table 2. Results on extraction experiments using chloroform.

Sample	Total [mg] (wt%)	Insoluble [mg] (wt%)	Residue [mg] (wt%)	Soluble [mg] (wt%)	Loss [mg] (wt%)
Brand-new 1	101.2 (100)	80.5 (80)	0.0 (0)	12.5 (12)	8.2 (8)
Brand-new 2	105.6 (100)	104.6 (99)	0.0 (0)	0.7 (1)	0.3 (≈ 0)
Waste	100.9 (100)	73.2 (73)	0.1 (≈ 0)	10.1 (10)	17.5 (17)

chloroform. Compounds solved in chloroform were subsequently subjected to reprecipitation treatment with methanol as poor solvent (a solvent that does not dissolve polymer components). The results were shown in Table 2. It was found that *ca.* 1-10 wt% of soluble components (Soluble) were obtained from both samples, which was comparable to amounts in the literature (0.05-3 wt%)³. The mixtures would be consisted of low-molecular-weight polar additives including inks (and impurities adsorbed in the case of **Waste**). On the other hand, residues after reprecipitation (Residue) were not obtained. The missing part (Loss) was up to 17 wt%. This might result from technical loss and volatilization of low-boiling compounds.

3.2 Evaluation of mechanical properties

Fig. 7 shows a comparison of tensile stress curves recorded by using samples without any cut, A. Tensile behavior was different

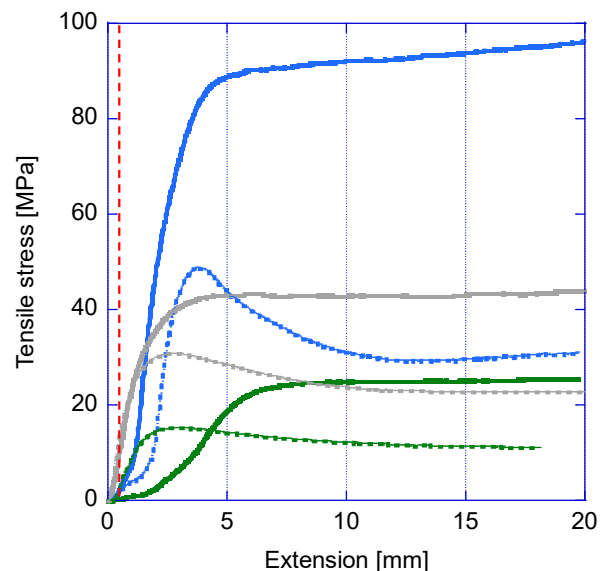


Fig. 7. Selected tensile stress curves as a function of extension, for samples A, **Brand-new 1/V** (blue, bold), **Brand-new 1/H** (blue, dotted), **Brand-new 2/V** (green, bold), **Brand-new 2/H** (green, dotted), **Waste/V** (gray, bold), and **Waste/H** (gray, dotted), V: vertical, H: horizontal. A red dashed line shows the upper limit of horizontal axis in Fig. 8.

by the tensile direction, vertical (V) or horizontal (H). Samples of V had a plateau, while samples of H had a yield point, regardless of samples. This would relate to anisotropic decomposition behavior from macro- to micro-plastics. Tensile stress of brand-new samples was not necessarily superior to that of waste samples.

On the other hand, a clear difference was observed between

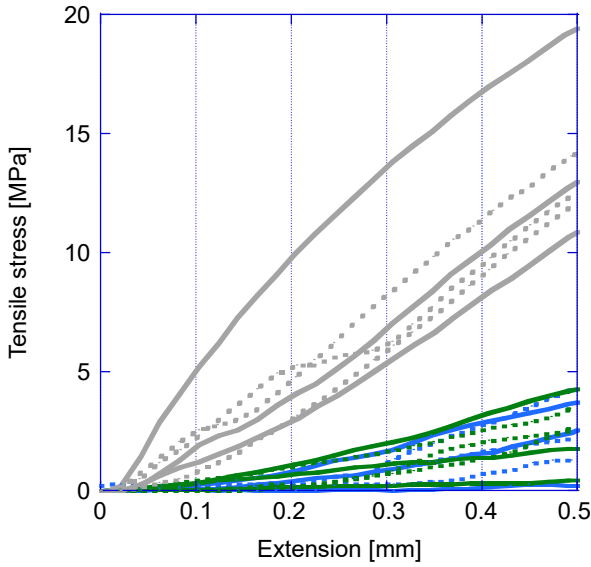


Fig. 8. Initial tensile stress curves as a function of extension, for samples A, **Brand-new 1/V** (blue, bold), **Brand-new 1/H** (blue, dotted), **Brand-new 2/V** (green, bold), **Brand-new 2/H** (green, dotted), **Waste/V** (gray, bold), and **Waste/H** (gray, dotted), V: vertical, H: horizontal, n = 3.

brand-new and waste samples at the beginning of the extension (period to plateaus or yield points). Tensile stress of brand-new samples was changed in a sigmoidal manner, while that of waste samples was changed in a linear manner. This would suggest that material became rigid and brittle in a waste sample. As shown in Fig. 8, an initial tensile curve could be approximated as a line in all cases. Inclination of the proximate line would be correlated with Young’s modulus. Average values of the inclination were calculated as 3.67 (**Brand-new 1/V**), 3.96 (**Brand-new 1/H**), 4.01 (**Brand-new 2/V**), 4.69 (**Brand-new 2/H**), 28.85 (**Waste/V**), and 24.44 (**Waste/H**). It would be concluded that brand-new samples were softer (or had lower Young’s modulus) than waste ones.

Fig. 9 shows a comparison of tensile stress curves recorded by using samples with a cut, B. Again, tensile behavior was different by the tensile direction. In the cases of V, samples endure larger tensile stress than in the cases of H. Nevertheless, all samples had a maximum tensile stress point, a period of crack propagation, and breaking points for both ends of the crack. Values of the maximum tensile stress σ_{max} obtained from this experiment were used to calculate their average fracture toughness K_{Ic} (Table 3). It seemed that anisotropy of mechanical

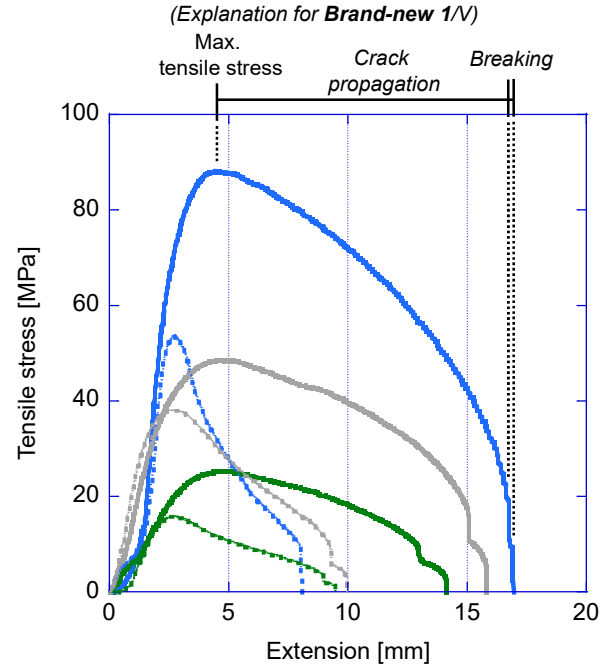


Fig. 9. Tensile stress curves as a function of extension, for sample B, **Brand-new 1/V** (blue, bold), **Brand-new 1/H** (blue, dotted), **Brand-new 2/V** (green, bold), **Brand-new 2/H** (green, dotted), **Waste/V** (gray, bold), and **Waste/H** (gray, dotted), V: vertical, H: horizontal.

Table 3. The maximum tensile stress σ_{max} of each sample (n = 3) obtained from tensile stress measurements for sample B, and calculated average values of K_{Ic} .

Sample -Direction		Max. tensile stress σ_{max} [MPa]				K_{Ic} [MPa · m ^{0.5}]
		#1	#2	#3	Ave.	
Brand-new 1	V	105.0	88.3	100.2	97.8	8.7
	H	56.4	54.2	53.8	54.8	4.9
Brand-new 2	V	33.3	33.0	38.9	35.1	3.1
	H	21.9	20.5	22.8	21.7	1.9
Waste	V	52.4	50.7	48.6	50.6	4.5
	H	32.3	38.1	48.9	39.8	3.5

property (*i.e.* ratio of $K_{Ic}(V)$ to $K_{Ic}(H)$) was missing in **Waste**. Glass transition temperature and melting point of PE are below -23°C (to -78°C) and 138°C, respectively.² PE chains have somewhat mobility in a solid material, and crystallites of them are not melted under usual environmental conditions. Unregulated crystallite formation of PE chains could progress with time, probably leading to missing anisotropy as well as embrittlement of the solid material.

4. Conclusion

In conclusion, two different properties between brand-new and waste samples were abstracted as follows.

1. Surface of waste samples becomes more hydrophilic than of brand-new ones (by both ATR-IR spectral measurements and water contact angle measurements).
2. Waste samples become more rigid and brittle than brand-new ones (by tensile stress measurements).

It was considered that the former would be mainly due to photo-oxidation reactions, and that the latter could be due to crystallization of PE chains. Both chemical and mechanical properties of film samples were often anisotropic, which would influence the deterioration behavior from macro- to micro-plastics. On the other hand, extraction with chloroform was tried, resulting in obtaining soluble components for subsequent spectroscopic analysis. The analytical results would be reported in due course.

The validity of chemical and mechanical measurements adopted in this study was confirmed, even if a daily plastic product was chosen as a subject of research. These measurements will be utilized for our future fieldwork research of various kinds of litters.

Acknowledgement

This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number JP21H01441.

References

- 1) Plastic Waste Management Institute, *PWMI Newsletter*, 51 (2022).
- 2) F.W.Billmeyer, Jr., *Textbook of Polymer Science*, John Wiley & Sons, New York (1984), pp. 338, 361-368.
- 3) P.Kershawa, A.Turra and F.Galgani edit., *GESAMP Reports and Studies*, UNEP, Nairobi (2019), pp. 5-12.
- 4) D.Maharana, M.Saha, J.Y.Dar, C.Rathore, R.A.Sreepada, X.Xu, J.B.Koongolla and H.Li, *Chemosphere* 246 (2020) 125708.
- 5) V.R.K.R.Galarpe, C.M.B.Jaraula and M.K.O.Paler, *Marine*

Pollut. Bull. 167 (2021) 112343.

6) T.Kataoka, Y.Nihei, K.Kudou and H.Hinata, *Environ. Pollut.* 244 (2019) 958.

7) F.Julienne, N.Delorme and F.Lagarde, *Chemosphere* 236 (2019) 124409.

8) N.M.Ainali, D.N.Bikiaris and D.A.Lambropoulou, *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 158 (2021) 105207.

9) R.M.Silverstein and F.X.Webster, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, 6th ed. (Japanese translation by S.Araki, Y.Mashiko, O.Yamamoto and T.Kamada), Tokyo-kagaku-doizin, Tokyo (1999), pp. 84-141.

10) J.F.Rabek, *Photodegradation of Polymers*, Springer, Berlin (1996), pp. 59-79.

(Received 6 October 2022)

(Accepted 23 January 2023)

福井高専ジュニアドクター育成塾におけるDX革命を目指して — 伝統産業とのコラボを実現する福井高専型PBL —

小松 貴大*¹

Toward DX Revolution at National Institute of Technology, Fukui College Junior Doctor Training School — National Institute of Technology, Fukui College type PBL for collaboration with traditional industries —

Takahiro KOMATSU

This study reports on the process of applying for the "Junior Doctor Training School," a next-generation human resource development project of the Japan Science and Technology Agency (JST), and the results of a survey after the application was accepted. The several characteristics of the Tannan area in Fukui Prefecture were found out by the survey, and a unique training program could be developed by Fukui National College of Technology that combines manufacturing and traditional industries. Based on the results of the survey on the situation during the training program, the future development of the program is discussed.

Keywords : Junior Doctor Training School, traditional industry, traditional handicrafts

1. はじめに

本研究では、令和元年度に福井高専として国立研究開発法人科学技術振興機構(以下 JST)の次世代人材育成事業プログラムの1つであるジュニアドクター育成塾に応募し、令和3年度に採択されるまでの過程(平成29年度採択機関から令和2年度までにジュニアドクター育成塾に採択された機関及びその企画名の調査、福井高専が位置する丹南地区の魅力に関する調査)及び企画・立案した育成プログラムについて説明する。また、令和3年度に選抜された1期生41名が第1段階育成プログラムを修了し、令和4年度の第2段階育成プログラムへと選抜される過程及び第2段階育成プログラムでの研究活動の状況を報告する。さらに、令和4年度に選抜された2期生41名の応募状況および第1段階育成プログラムでの活動状況を踏まえ、2年間のジュニアドクター育成塾運営の中で見えてきた「育成プログラムのブラシアップにおける課題点」「ジュニアドクター育成塾への応募者減少問題の解決策」についても考察する。

2. ジュニアドクター育成塾に関して

ジュニアドクター育成塾とは、前述したように JST が支援する事業で、科学技術イノベーションを牽引する傑出した人材の育成に向けて、高い意欲や突出した能力のある小中学生を発掘し、さらに能力を伸長する体系的育成プランの開発・実施を行うことを支援するものである。採択されると5年間、毎年最大1,000万円の予算規模で事業支援を受けることが可能である。

本研究者は平成30年度にジュニアドクター育成塾に採択された福井大学のジュニアドクター育成塾の講座補助を行い、令和元年度に福井大学のジュニアドクター1期生の第2段階育成プログラムの指導教員として1年間研究指導を行った経験がある。その過程で得られた育成塾運営に関する知識・経験をもとに、福井高専として令和元年度からジュニアドクター育成塾へと応募する準備を行なった。令和2年度は1次選抜(書類選考)を通過するが2次選抜(面接選考)で惜しくも不採択となったが、その経験を活かして令和3年度に無事採択されるに至った。

*電子情報工学科 ¹komatsu@fukui-nct.ac.jp

2・1 採択された機関の調査

ジュニアドクター育成塾の事業は平成 29 年度から始まり、初年度は 10 機関が採択された。そこから平成 30 年度は 9 機関、平成 31(令和元)年度は 5 機関、令和 2 年度は 3 機関、令和 3 年度は 3 機関と、採択数が徐々に減少していった。本研究者は令和 2 年度の採択に向けて令和元年度に申請の準備を開始した。表 1 に示すように、採択された機関とその企画名を調査し、「ものづくりから獲得する科学技術者志向人材」という企画名で応募した。残念ながら令和 2 年度の採択に至らなかった。令和 2 年度に採択された機関とその企画名を調べてみると、地元の特色が強く押し出されている傾向にあることがわかった。

2・2 福井高専、丹南地区の特色とは？

令和 2 年度は不採択であったため、再度福井高専の魅力とは何かについて考えると同時に、福井高専が位置する鯖江市、ひいては丹南地区の魅力についても調査した。

福井高専は工業関係の機械工学科(M)、電気電子工学科(E)、電子情報工学科(EI)、物質工学科(C)、環境都市工学科(B)の 5 つの学科があり、他高専と比較すると学科数が多いという特徴がある。以前は 1 年次より学科ごとにクラス分けされ、5 年次の卒業までクラスメンバーが大きく変わることはなかった。しかし、現在 1 年次は 1 クラスに M, E, EI, C, B のそれぞれの学科を希望する学生が 8 名ずつ在籍している混合学級である。2 年次以降以前と同様に専門学科のクラスに分かれるものの、1 年次に築いた友人関係

等から卒業までに他学科の学生との繋がりが強い傾向にある。また、混合学級が始まって以降、3 年次より他学科の科目を履修する学際科目制度が始まり、専攻科進学時には機械工学科・電気電子工学科・電子情報工学科は生産システム工学専攻、物質工学科・環境都市工学科は環境システム工学専攻へと編成され、 π 型人材教育が行われている。特に、4 年次の学際科目である「プロジェクト演習」や専攻科の演習科目である「創造デザイン演習」では 5 学科の学生が集まってチームを組む。そして各チームが与えられたテーマに従って、実際に企業等に出向き調査聞き取りを行うことで課題を見つけ、解決策を提案する Project Based Learning が行われている（以下福井高専型 PBL）。

一方で丹南地区の魅力に関して調べてみると、福井県と言えば、「鯖江のメガネ」と全国的にも有名な地場産業があり、福井高専とも繋がりが多いメガネ関連企業も数多く存在している。また、メガネ産業に限らず、「ものづくりのまち鯖江」という言葉で検索すると、多種多様な伝統産業が表示される。実は業務用漆器の国内シェア 8 割を占める越前漆器は経済産業大臣指定から指定されている福井県の伝統的工芸品 7 品目の 1 つであることがわかった。他にも伝統的工芸品 7 品目として登録されている越前和紙・越前打刃物・越前焼・越前筆筒の 4 品目を合わせた 5 品目は福井高専が位置する鯖江市と隣接する市町村を含めた丹南エリア（半径約 10km 圏内）に集積していることがわかった。古き良き伝統工芸が継承されつつも、鯖江市は全国に先駆けて官民一体のオープンデータ利活用に取り組み、データシティ鯖江としても有名である。

表 1 採択された機関名と企画名

採択年度	機関名	企画名
H29	仙台高専	高専の早期教育を活かした科学技術イノベーション人材の育成システム
	筑波大学	つくばSKIPアカデミー ~Science Kids Inspiration Program~
	東京大学	アクティブ・ラーニングと専門家シニアによるきめ細かい指導を活用したジュニアドクターの育成
	リバネス	持続可能なジュニアドクター育成・輩出プラットフォームモデルの開発
	金沢大学	未来の科学・技術を担う探究意欲と科学を楽しむ心をもった子ども（未来の科学者）の育成
	鳥取大学	めざせ！地球を救う環境博士
	専門教育大学	「徳島県高等教育機関連携型「ジュニアドクター発掘・養成講座」
	愛媛大学	科学イノベーションに挑戦する次世代リーダー-科学者の養成
	長崎大学	人間性豊かで科学に熱狂できる傑出した科学者リーダー育成プログラムの開発
	琉球大学	美ら海・美ら島の未来を担う科学者養成プログラム
H30	埼玉大学	科学者の育成促進プログラム
	慶應義塾大学	KEIO BIZKID KEIO Wellbeing Integrated Wizard Training Program for Elementary and Junior High School Students 生命の誕生から宇宙の利用までを科学する ~みんなのウェルビーイングを君たちの科学の力で描いてみよう~
	静岡大学	静岡STEMアカデミー
	福井大学	ふるさとの活力となる地域を志向した理数系人材育成プログラム-フィールドふくの舞台から-
	三重大学	三重ジュニアドクター養成プログラムによる未来の科学者育成
	大阪大学	数理解析・探索探求・先端技術への道 -放射線計画を足場に
	びわ湖トラスト	日本最大・最古の湖【びわ湖から学ぶ】の科学の世界
	津山高専	【50】の逸材へ、発掘して育てるジュニアドクター育成塾
	有明高専	九州発「地球規模の視点を持つ次世代傑出人材」発掘・育成プログラム
	H31	旭川高専
新潟大学		自然と人の共生を科学する新潟ジュニアドクター育成塾
信州大学		STEMの資質能力を持った次世代イノベーター育成教育プログラム
舞鶴高専		多自然居住地域における理工系人材の発掘と世界に羽ばたく人材育成プログラム
広島大学		広島ものづくり革新イノベーション未来科学者リーダー育成プログラム
R2	山形大学	ヤマガタSTEM(STEM)アカデミー
	富山高専	きみも研究者！富山高専で実践する海洋・ロボットを題材とした次世代人材育成プログラム
	和歌山高専	紀伊半島の海洋から学ぶSDGs型ジュニアドクター育成プログラム

2・3 地元色を出した魅力ある企画の立案

改めて不採択となった令和 2 年度に提出した「ものづくりから獲得する科学技術者志向人材」という企画名を考えてみる。この企画名であれば他の機関でも同様の企画名があっても不思議ではないと感じる。もっと福井高専にしかできない、福井高専だからこそできる企画、新規性・話題性のある企画名は何かがあるかと検討した。

企画名に伝統工芸に関係することを含めたものにしたいと考え、調査している最中、丹南地区には「RENEW」という名前の持続可能な地域づくりを目指した工房イベントが開催されていることを知った。色々な偶然が重なり、本研究

者が指導した卒研生がこのRENEWのイベントを手伝っており、RENEWを運営する実行委員長と面談することができた。RENEWは2015年から現在まで伝統工芸を中心とした工房見学・体験ワークショップ・職人座談会などのイベントを毎年開催し、多い時で100近くの工房・企業がイベントに出展し、県内外を含め延べ3万人以上がRENEWのイベントに来場している。RENEW2019はグッドデザイン賞を受賞したり、第11回地域再生大賞で東海・北陸ブロック賞を受賞するなど県外からも評価されている。このRENEWのイベントで実施されてきた魅力的な工房体験型のワークショップをジュニアドクター育成塾の中で展開できないか相談した。RENEW実行委員会としても「教育」という部分に関わっていきたいということでジュニアドクター育成塾への協力を得ることができた。

約90社以上ある福井高専アカデミア会員企業の中で伝統工芸と関わりがある企業は多くはなく、福井高専と伝統工芸は現在までほとんど接点がなかったとも言える。

Digital Transformation (DX) が叫ばれている今、福井高専型PBLが伝統工芸に乗り出す良い機会ではないかと考えた。実際に令和2年度には福井高専型PBLとして、学際科目のプロジェクト演習で伝統工芸がテーマとして取り上げられ、専攻科の創造デザイン演習では和紙を用いた新たな作品(和紙のフェイスシールド、ランチョンマット)等が試作された。この福井高専型PBLを小中学生にも体験してもらえるような塾となれば、魅力的な育成塾となるのではないかと考えた。

応募ターゲットとなる小中学生をデジタルネイティブ世代と呼ぶことでDXを連想させ、福井の地場産業である繊維・メガネと伝統工芸まで含めた産業を伝統産業と呼ぶことで高専とはあまり関わりの少ない伝統工芸への繋がりを意識した企画名「デジタルネイティブ世代×伝統産業のコラボを実現する福井高専型PBL」を考案し、2回目のチャレンジとなる令和2年度に応募し、令和3年度に採択された。なお、企画の中で福井高専が毎年30講座ほど実施してきた科学・ものづくりを中心とした公開講座をベースに、プログラミングによるICT、IoT関係の講座を取り入れ、伝統工芸ワークショップとの掛け合わせを意識した育成カリキュラムを提案した。

福井高専ジュニアドクター育成塾 CRAFT × TECHNOLOGY

クラフテクラボ

図1 タイトルロゴデザイン



図2 チラシの表と裏(令和3年度)

3. 採択後の動向および現状報告

3・1 募集に関して

採択された後、まず真っ先に行なったことは応募者を広く集めるための広報・宣伝に関してである。育成塾の受講生の対象となるのは小学校5年生から中学校3年生までである。福井県教育委員会からの資料や小中学校などのホームページを元にそれら人数を調査した結果、私立等を含め福井県内の小中学校は266校(令和2年度時点)あり、小学校5年生から中学校3年生までで約36000枚(予備を含む)もチラシを印刷する必要があることが分かった。

魅力ある、チラシ・ポスターを作成するために参考にしたのがRENEWである。RENEWは「伝統工芸」をテーマにしたイベントに関するチラシ・ポスター・ホームページなどの制作をトータルで鯖江市内のデザイン会社に委託している(グッドデザイン賞の受賞にも繋がっている)。伝統工芸、福井高専が持つ科学技術、小中学生に対して親近感が湧くデザインをデザイン会社と話し合った。「福井高専ジュニアドクター育成塾」という言葉は少々堅苦しいということで、「手作業でのものづくり(工芸関係)」と「教室・研究」を組み合わせた「クラフテクラボ」という福井高専ジュニアドクター育成塾の通称(タイトル)を考案し、図1に示すようなタイトルロゴを作成してもらった。タイトルロゴをよく見てもらうと、越前漆器・越前打刃物を象徴するお椀や包

丁がデザインされているのがわかる。他にもいくつか丹南地区の伝統産業を象ったものがタイトルロゴの一部に表現されている。また、図2に示すチラシ・ポスターでは福井高専の5学科と伝統工芸と組み合わせ、研究しているイラストを作成してもらった。

各小中学校にポスター1部とチラシを対象人数分送付(又は持ち込み)し、それ以外にも関係する機関(各市町村の教育委員会や科学館など)にも送付したりした。また、入試関係で滋賀県や石川県の中学校へ訪問する際にもポスター・チラシの配布をお願いした。その結果、令和3年度は福井県内の小中学生68名の応募があった。その詳細な内訳、選抜結果に関しては表2に示す。

チラシを隣県の一部に配布したものの、表2に示すように、第1期生となる令和3年度の実績では県外からの応募は0であった。しかしながら、令和4年度の実績では石川県と滋賀県からの応募が1名ずつあった。一方で、令和4年度は応募者数が減り、41名の応募であった。ジュニアドクターを運営しているほとんどの機関で2年目以降の実績者数の確保が課題として挙げられている。福井大学でも同様に平成30年度は68名、令和元年度は53名、令和2年度は26名と、応募者数が減少する傾向にあった(参考文献1)参照)。どのようにして広く福井県内の小中学生に福井高専ジュニアドクターの存在を知ってもらうのかは常に考えなければならない課題である。

令和4年度の実績者の選抜では約10名ほど面接も行った。その中で、「どのようにして福井高専ジュニアドクター育成成熟のことがあったのか?」という質問に対して多くの

表2 受講生の応募内訳

		令和3年度	令和4年度
丹南エリア	鯖江市	10	4
	越前市	16	6
	越前町	1	5
	南越前町	0	4
	池田町	0	0
福井・坂井エリア	福井市	25	14
	坂井市	6	3
	あわら市	2	0
	永平寺町	1	2
奥越エリア	勝山市	0	0
	大野市	2	0
嶺南エリア	敦賀市	5	1
	美浜町	0	0
	若狭町	0	0
	小浜市	0	0
	高浜町	0	0
	おおい町	0	0
	石川県	0	1
県外	滋賀県	0	1
	合計	68	41

表3 第1段階育成プログラムの講座内容

令和3年度 第1段階育成プログラム(福井高専主体講座)

分野	番号	講座名	種類	受入人数
入門	1	研究倫理に関する講習、teams講習会	必修	41
	2	たのしくはっそう	必修	20
ものづくり	3	様々な工具とその役割	必修	41
	4	機械工場体験	必修	
	5	デジタルものづくりの基礎	選択必修	20
	6	レーザーカッターを用いた模型飛行機の製作	選択必修	10
	7	5学科研究室周り(キャンパスツアー)	自由参加	41
プログラミング	8	はじめてのプログラミング	必修	41
	9	ICTって何?IoTって何?	必修	41
機械工学科(M)	10	エグドロボットの数理と技術	選択	25
	11	3D CAD 入門	選択	25
	12	熱エネルギーで動くおもちゃ作り	選択	20
電気電子工学科(E)	13	電子ブロックを用いた電子回路1	選択	12
	14	電子ブロックを用いた電子回路2	選択	12
電子情報工学科(EI)	15	ブレッドボードを用いた電子回路	選択	15
	16	データと誤差	選択	20
	17	IchigoJamによる計測・制御入門	選択	20
	18	Webデザイン演習とWebゲームアプリ開発	選択	41
物質工学科(C)	19	オリジナル薬をつくらう2021	選択	10
	20	生活の立役者、界面活性剤について学ぼう	選択	20
	21	色素を合成しよう	選択	20
環境都市工学科(B)	22	ドローンの飛行と3Dモデルの生成講座	選択	10
	23	建築をMRで体験しよう	選択	10
	24	作って学べるぼうサイエンス	選択	20
自然系(N)	25	数の不思議を見つけよう	選択	20
	26	スポーツデータサイエンス	選択	10
	27	音を目で見よう	選択	15
人文系(H)	28	SDGsの視点から伝統産業を考える	選択	10
	29	聞き取り調査による方言記述	選択	20
	30	We Love SABAE --- 「英語でグループプレゼンにチャレンジ!」	選択	20

令和4年度 第1段階育成プログラム(福井高専主体講座)

分野	番号	講座名	種類	受入人数
入門	1	研究倫理に関する講習、teams講習会	必修	41
	2	たのしくはっそう	必修	41
ものづくり	4	デジタルものづくりの基礎	選択必修	20
	5	レーザーカッターを用いた模型飛行機の製作	選択必修	
	6	5学科研究室周り(キャンパスツアー)	自由参加	
	7	中間発表会に向けて	必修	41
	8	成果発表会に向けて	必修	41
プログラミング	9	はじめてのプログラミング	必修	41
	10	ICTって何?IoTって何?	必修	41
機械工学科(M)	11	電子顕微鏡でミクロな世界を見る	選択	10
	12	金属の強さを知ろう。引張り試験	選択	20
	13	簡単な制御を学ぼう	選択	10
電気電子工学科(E)	14	電子ブロックを用いた電子回路1	選択	15
	15	電子ブロックを用いた電子回路2	選択	15
	16	ブレッドボードを用いた電子回路	選択	10
	17	IchigoJamによる計測・制御入門	選択	20
電子情報工学科(EI)	18	Webゲームをつくらう!	選択	20
	19	データと誤差	選択	15
物質工学科(C)	20	「界面活性剤」「乳化剤」は同じもの!生活に溢れる立役者、両親媒性物質の性質を体験しよう	選択	25
	21	PCRに挑戦しよう	選択	18
	22	色素を合成しよう	選択	20
環境都市工学科(B)	23	ドローンの飛行と3Dモデルの生成講座	選択	20
	24	建築をMRで体験しよう	選択	8
	25	壊して学ぼう、バスタブリッジコンテスト!	選択	20
自然系(N)	26	数の不思議を見つけよう	選択	41
	27	音を目で見よう	選択	15
	28	スポーツデータサイエンス2022	選択	12
人文系(H)	29	聞き取り調査による方言記述	選択	20
	30	英語と日本語での文化体験ワークショップ	選択	18
	31	脱出ゲームをやってみよう	選択	25

生徒が「チラシ」と答える一方で、両親・祖父母・兄弟が元高専生であったり、家族からの勧めということで応募に至る学生もいた。令和5年度以降の募集増加に向けて、福井高専の心和会(福井高専OB/OGで構成される同窓会)の広報に協力していただき、ジュニアドクターのチラシを郵送したり、両親・祖父母を意識して福井県内の企業等にもチラシやポスターを配布したりと、小中学校だけでなく幅広く広告・宣伝を行っていく必要がある。

3・2 講座に関して

ジュニアドクター育成塾では第1段階と第2段階に分けて育成プログラムを計画・実施する必要がある。1期生が入塾した令和3年度は第1段階育成プログラムが実施され、令和4年度は2期生の第1段階育成プログラムと1期生から選ばれた10名の第2段階育成プログラムが実施されている。令和3年度と令和4年度の第1段階育成プログラムは表3に示す通りである。他の育成塾機関と比較しても講座数は多く、いずれも手を動かして何かものを作ったり、福井高専で実験・実習を小中学生向けに落とし込んだ公開講座の経験・知識が活かされた講座である。

第1段階育成プログラムを修了する(ジュニアマスター福井高専の称号を得る)ための条件は、福井高専が主体とな

って実施する30講座の中から、必修講座を全て受講すること、選択講座から7つ以上を受講してレポートを提出することである。それとは別に、伝統工芸ワークショップに最低2工房以上参加することとした。その他に、中間発表会と成果発表会ということで2回の発表を課している(第2段階育成プログラムへ進むための条件)。

1期生の中間発表会のタイトルと成果発表会のタイトルを表4に示す。中間発表会は、令和3年12月4日に対面形式(口頭発表)で実施された。伝統工芸と福井高専で学んだどのような講座を掛け合わせることを意識しているのか、漠然としたタイトル(アイデア)であったが、令和4年1月に実施された「たのしくはっそう」の講座を経て、令和4年3月21日に実施された成果発表会では、作りたいもの・研究したい対象がより具体的に変わったタイトルばかりとなった。なお、当初はポスターを作成し体育館等で対面で発表する形式を考えていたが、コロナ感染状況を鑑み、作成したポスターをteams会議で画面共有しながらのオンライン形式で発表してもらった。ポスターを手書きで作成している受講生や実際に何らかしらの成果物がある受講生にとっては、少々残念な点であった。なお、第1期生41名の中で実際にジュニアマスター福井高専の称号を得たのは39名で、その中で2年目(第2段階育成プログラム)を希望した受講生は26名であった。

表4 1期生の中間・成果発表会タイトル一覧

学年	中間発表会タイトル	成果発表会タイトル
中学1年	越前筆習×越前打刃物	越前筆習×越前打刃物
中学2年	伝統工芸×英語	英語で届け!丹波の伝統的工芸品
中学1年	界面活性剤×和紙	携帯に便利な溶けにくい和紙石けんを作りたい
中学1年	打刃物×色素合成	健康にも環境にも優しい打ち刃物
中学2年	漆×橋	漆で橋の強度UP!!
中学2年	職人技術と現代技術	抗菌・吸湿性を持った和紙の製作
中学1年	MR×越前筆習	VR端井伝統工芸品の製作
小学6年	越前和紙×プログラミング	福井から日本全国の伝統工芸を未来へ広げる
中学3年	スポーツデータ×メガネ	スポーツデータ×メガネ
小学6年	和紙×界面活性剤	IoTを使用して越前筆習型の電動ボックスを作る
中学2年	チタン板に着色×ナイフ(包丁)	おしゃれな刃物!!料理力UP!!
中学1年	伝統工芸×デジタルものづくり	漆とデジタル技術
中学3年	タンクス×デジタルものづくり	伝統産業×科学技術
小学6年	熱エネルギーで動くおもちゃ作り×ナイフビレッジ	熱エネルギーで動く巨大ガンポン船作り
中学1年	團體×プログラミング	プログラミング×越前機
中学2年	Ichigolamでデータ計測	Ichigolamで人材育成
中学2年	越前たんす×IoT	越前筆習×IoT
中学2年	飛行機×Ichigolam	IoT×センサー×彫刻
中学3年	越前打ち刃物と色書	漆文化刃物を作る
小学5年	越前たんすとブリッジ構造	家具に絵をかく〜組みかえ家具を作ろう〜
中学1年	漆器×ビー玉スターリングエンジン	熱エネルギーの再利用法
中学1年	和紙とチタン粉	炭粉を使った和紙
中学2年	漆と音	漆と音
小学5年	漆器×IoT	越前漆器で食と健康の課題解決
中学3年	越前打ち刃物×福井の方言	越前打刃物×福井弁!
中学1年	漆×彫刻	Grow up〜未来型彫刻〜
中学1年	伝統工芸品×数理科学	伝統工芸の美しさを伝承するために
小学4年	越前打ち刃物×レーザー	もっと軽くて強い「越前打ち刃物」を作りたい
小学5年	五十嵐製紙×SDGs	これからの伝統産業
小学5年	音を目で見る×タケフナイフビレッジ	刃物は役立つ
中学1年	エッジドロップ×レーザーカッター	自転車は進化する
中学1年	越前打ち刃物×越前漆器	紙に強いドローンを作るには
中学2年	タケフナイフビレッジと測定と塗装	飛行機とエッジドロップ
中学2年	越前筆習×電子回路	電子ブロック×越前筆習
中学1年	越前和筆習×レーザー	筆習と和紙
中学1年	漆器×IoT	レーザーカッターで紙を切って打刃物を作る!
小学5年	越前筆習×3D CAD	特色を残し今以上に便利に使える筆習を作りたい!
中学2年	漆器×エッジドロップ	割れない食器
小学5年	タンクス×レーザーカッター	講座から学んだこと
小学1年	色素×越前和紙	新しい和紙

4. おわりに

ジュニアドクター育成塾はJSTより5年間の支援を受けられる事業である。平成29年度に本事業に採択された10機関は令和3年度をもって支援終了となったが、令和3年度にJSTが一度採択された機関でも再度ジュニアドクター育成塾の支援事業に応募可能であることを発表した。その結果、筑波大学・東京大学・愛媛大学・長崎大学・琉球大学の5機関が平成29年度〜令和8年度まで連続してジュニアドクター育成塾を続ける結果となった。令和3年度以降合計採択機関は30機関という状況が続くことが考えられる。福井高専が採択された令和3年度は3機関のみの採択であったため、JSTの支援が終了となり令和8年度の再採択の門は非常に狭いと言っても過言ではない。今後、応募者数の一定数の確保だけでなく、育成プログラムの改良・発展

に関しても考えていく必要がある。

なお、令和5年度からはジュニアドクター育成塾の事業は「次世代科学技術チャレンジプログラム」へと事業名が変更される。これはJSTが事業展開する「ジュニアドクター育成塾」と「グローバルサイエンスキャンプ」の2つの事業を発展的に統合した事業である。支援期間は採択されてから最大5年間で、従来のジュニアドクター育成塾と同様に1,000万円/年・機関の支援が受けられる「小中型」に加えて、3,000万円/年・機関の支援が受けられる「高校型」、4,000万円/年・機関の支援が受けられる「小中大型」の3つのタイプに分かれる。なお、令和5年度の募集に関しては、小中型は9件、高校型と小中大型は2件ずつの採択予定となっている。福井高専が本事業を運営する上で、小中学生に福井高専に関して知ってもらい、少なからず中学3年時に福井高専を志望して欲しいという思いもある。そういった意味で「小中型」を考慮した育成プログラムは外せない。一方で、本年度選抜され第2段階育成プログラムを受講していた1期生10名の課題研究のタイトル(表5参照)・内容はいずれも1年間という短い時間の中では研究が完遂するとは言えないものであった。1期生の課題研究の内容を2期生の第2段階育成プログラム選抜者へ引き継ぐことも検討しているが、理想的には中学3年時に第2段階育成プログラムを修了後、福井高専に入学して引き続き課題研究を進めることが望ましい。そのような流れとなるように高校型の育成プログラムを構築することで、福井高専として「小中大型」へ応募とすることも視野に入れておく必要があると考える。令和5年度からの残り3年間で、課題研究の発展・

伝統産業への寄与に関して積極的に進めることで「小中大型」を意識した「次世代科学技術チャレンジプログラム」への応募を検討していきたい。

謝辞

本事業を運営するにあたり、電気電子工学科山本幸男先生には福井高専ジュニアドクター育成塾の主担当として学内の様々な調整等にご協力いただき大変感謝しております。また、電子情報工学科西仁司先生にも、受講生の講座配属調整等で大変感謝しております。福井高専ジュニアドクター育成塾の講座を担当しておられます福井高専教員・技術職員の皆様、本事業の立ち上げ、運営に関係してこられました近藤智裕さん、西川和浩さん、前田凱史さんをはじめとする多くの福井高専職員の皆様のご協力により本事業が円滑に進めることができています。今後ともご支援の程よろしくお願い致します。

参考文献

- 1) 西沢徹, 柴田直昌, 桃井律子, 福井大学ジュニアドクター育成塾業務 成果中間報告書, 福井大学 教育学部 ジュニアドクターふくい事務局, (2022)
- 2) 科学技術振興機構, ジュニアドクター育成塾 <https://www.jst.go.jp/cpse/fsp/>, 2022年11月3日参照

(受付日 2022年11月4日)

(受理日 2023年3月7日)

表5 第2段階育成プログラムにおける課題研究タイトル一覧

受講者No	学年	研究タイトル	指導教員所属学科
1	中学3年	イシクラゲの研究から見えてきた和紙の開発	物質工学科
2	中学3年	個人の嗜好を考慮した伝統的工芸品の情報発信に関する研究	電子情報工学科
3	中学3年	漆を用いた「金継ぎ」技術によるコンクリートのひび割れ補修に関する研究	環境都市工学科
4	中学2年	越前単筒の意匠コンセプトを取り入れた包丁立て	機械工学科
5	中学2年	携帯型越前和紙石けんの作成とその特性評価	物質工学科
6	中学1年	福井県の伝統的工芸品を発信するためのメタバース開発	電子情報工学科
7	中学2年	複合現実(MR)を用いた福井伝統工芸の継承教材の開発	環境都市工学科
8	中学3年	カラフル包丁の腐食に関する研究	物質工学科
9	中学2年	ムラサキツメクサから抽出したpH応答型色素による和紙産業とのコラボレーション	物質工学科
10	中学1年	ボンボン蒸気船の大型化 - いずれは僕が乗れるように -	電気電子工学科

研究推進委員会

委員長 吉田 雅穂 (環境都市工学科)
委員 村中 貴幸 (機械工学科)
松浦 徹 (電気電子工学科)
青山 義弘 (電子情報工学科)
山脇 夢彦 (物質工学科)
野々村 善民 (環境都市工学科)
門屋 飛央 (一般科目教室)

福井工業高等専門学校 研究紀要 自然科学・工学 第56号(2)

令和5年3月31日 発行

編集兼
発行者

福井工業高等専門学校

福井県鯖江市下司町
TEL (0778)62-1111 (代)
FAX (0778)62-2597