

舞鶴工業高等専門学校紀要

第56号

令和3年3月

**BULLETIN OF NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY,
MAIZURU COLLEGE**

No.56

MARCH 2021

舞鶴工業高等専門学校

NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, MAIZURU COLLEGE

目 次

<工 学>

北近畿地域の振興と舞鶴高専の役割について

…………… 内海 康雄, 上野 卓也, 玉田 和也, 加登 文学, 1
高橋 正憲, 歳弘 浩三

IT プラットフォームの構築プロジェクト AMATERAS

(Advanced Massive Architecture of Technology, Education and Research Accelerating System)

…………… 内海 康雄, 鈴木 直康, 仲川 力, 15
井上 卓, 福野 泰介

計算モデルを利用した 3 次元照明システムの ON/OFF パターン制御

…………… 室巻 孝郎, 南 裕樹 23

Pt/NiO/Pt 積層構造におけるフォーミング特性分布

…………… 西 佑介, 山中 拓弥 29

<人文科学>

浦島伝説の系譜を比較する古典授業 — 対面授業と遠隔授業の実践を通して —

…………… 荻田 みどり 46

<報 告>

第三海軍火薬廠砲炸薬成形工場跡の遺物調査 (その 1)

…………… 牧野 雅司, 毛利 聡, 松本 和也, 林田 海翔, 47
井上 忍, 高原 岳歩, 古久保 惇

Contents

< Engineering >

- On the Promotion in North Kinki Region and the Role of Maizuru KOSEN
..... UTSUMI Yasuo, UENO Takuya, TAMADA Kazuya, KATO Yoshinori,
TAKAHASHI Masanori and TOSHIHIRO Kozo 1
- The Project AMATERAS (Advanced Massive Architecture of Technology, Education
and Research Accelerating System) to Construct IT Platform
..... UTSUMI Yasuo, SUZUKI Naoyasu, NAKAGAWA Chikara,
INOUE Takashi and FUKUNO Taisuke 15
- ON/OFF Pattern Decision of Three-dimensional Lighting System Using a
Calculation Model
..... Takao MUROMAKI and Yuki MINAMI 23
- Distribution of forming characteristics in Pt/NiO/Pt stack structures
..... Yusuke NISHI and Takuya YAMANAKA 29

< Human Science >

- A report on Japanese classic class comparing various Urashima legends:
The practice of face-to-face classes and remote classes
..... Midori OGITA 46

< Report >

- Investigation of wooden relics of a molding factory in Maizuru 3rd Naval
Explosives Arsenal (Part 1)
..... Masashi MAKINO, Satoshi MOHRI, Kazuya MATSUMOTO,
Kaito HAYASHIDA, Shinobu INOUE, Gakuho TAKAHARA,
and Atsushi FURUKUBO 47

北近畿地域の振興と舞鶴高専の役割について

On the Promotion in North Kinki Region and the Role of Maizuru KOSEN

内海康雄¹・上野卓也²・玉田和也³・加登文学³・高橋正憲⁴・歳弘浩三⁵
UTSUMI Yasuo, UENO Takuya, TAMADA Kazuya, KATO Yoshinori,
TAKAHASHI Masanori and TOSHIHIRO Kozo

1. はじめに

1.1 背景と目的

現在、日本では人口減少が進み、少子高齢社会となっており、政府は地方創生に取り組んでいる。北近畿地域においても人口減少が続いているが、中山間地と沿岸地域に小規模な集落が多く存在する。移動手段の確保等の社会生活上の利便性を確保するために自助・共助・公助が行われている。

北近畿の5市2町(舞鶴市、綾部市、福知山市、宮津市、京丹後市、伊根町、与謝野町)でも個別あるいは連携して対応が行われている。例えば、綾部市では「あやべ水源の里」¹⁾が活動しており、全国的に展開している。前記7つの自治体が連携した対応としては、「京都府北部地域連携都市圏ビジョン」²⁾がある。

これらの活動に共通している点として、将来に向けて持続可能な地域となることを目指しており、そのために以下の項目が必要と考えられる。

- 1) 抱えている様々な課題を自ら解決できる仕組みを構築すること
- 2) 地域の産業振興により、住む人々の所得を増やすこと

多くの関係者が、将来の日本の在り方を踏まえて、二酸化炭素の排出量削減の手法を開発するなど、スマートコミュニティの構築に向けて活動している。また、2011年の東日本大震災後に、宮城県東松島市や名取市などの復興事業を支援してきている。

ここでは上記の必要項目を達成するために、活動事例を紹介するとともに、これからの北近畿地域の振興へ向けて、舞鶴市に位置する舞鶴高専が果たす役割と方法を提案することを目的とする。

1.2 方法

まず、これまでの活動における調査結果と知見などを項目順に述べる。

- 1) 国内外の関連した地域振興の事例を調査し、その紹介と分析を行う。
- 2) 地域が抱える課題解決を通じた産業振興の方

法論をSDGsと関連付けて述べる。

- 3) 舞鶴市における産官学連携の地域活性化の実例を説明する。

上記を踏まえて、地域課題を解決する際の枠組みを考える上で、全体を通じて次の視点を持つ。

- 1) 地域が持つポテンシャル
地域が自身の能力と資源で、これからどのようなことができるのかを把握する。
- 2) ステークホルダーの連携
地域に住まいまたは活動しながら、課題に直面して解決の実働を担う人と組織が連携する。
- 3) 解決するプロジェクトが持つストーリー
ポテンシャルと連携のネットワークに基づいて、解決のための道筋をつけるストーリーを紡ぐ。
- 4) 持続可能とするためのスタートアップ
課題解決を持続的にするための経済的、物的、人的な資源の調達と事業化が必須である。
これらの視点を持って、地域課題を前出の順序で捉えなおせば、課題解決の具体的な方法が見えてくると考えている。

2. 地域振興の考え方

2.1 国内外の活動事例

2.1.1 宮城県東松島市の事例

東日本大震災によりインフラや産業の被害はもとより、多数の住民まで失った東松島市³⁾の震災復興の活動例を紹介する。震災前から太平洋側の多くの沿岸地域は、人口減少や産業衰退などの課題を抱えていたが、地震の直後に20~30年後に来るはずの状況に向き合うことになった。

国や自治体の政策・施策と共に、地域の産学官民の対応が行われた。地域企業が主となって産学の組織として(一社)JASFA⁴⁾が設立された。中小企業からなる地域密着型のプラットフォームを生かし、沢山の方々と交流・協同しながら、数多くのプロジェクトにトライしている。

活動例としては、震災直後に仮設住宅が設置されたひびき工業団地の夜間照明として、再生可能エネルギーによる自立電源を持つハイブリッドポールを設置した(図1)。

また、同市と地元企業等が行った宮戸地区復興再生多目的施設「あおみな」⁵⁾(図2)の設置への支援を行った。現在、お試し移住体験施設とし

1 舞鶴工業高等専門学校 校長
2 舞鶴工業高等専門学校 建設システム工学科 助教
3 舞鶴工業高等専門学校 建設システム工学科 教授
4 一般社団法人 PMI 日本支部 アドバイザー
5 グリーンコンサルティングサービス 代表

て使われているが、持続可能な里山の生活を行う人材育成の場の機能としても考えられる。

また東松島市が主となって(一社)HOPE⁶⁾が設立された。「あの日を忘れず ともに未来へ ~東松島一心~」を合言葉にして、産学官民の連携により市民の希望を実現する「Build Back Better」のまちづくりを行っている。

連携する産学官民には、全国規模の大企業も含まれており、「希望の大麦プロジェクト」など様々な活動が行われている。持続可能な住生活とエネ

ルギー供給を実現した例として、「スマート防災エコタウン」⁷⁾(図3)が挙げられる。復興事業として住宅供給と FIT を活用した再生可能エネルギーによる電力供給を行っている。

なお、東松島市は、政府から2012年に環境未来都市、2018年にSDGs 未来都市として選定されている。

2.1.2 スペインでの調査

スペインと日本の国交100年を記念して、2013~16年にHASEKURA2.0プロジェクト⁸⁾が、日本政府とEU(JEUIPSTE)⁹⁾の支援を受けて実施された。

活動の一つとして、スペインの地方都市の産業振興の仕組みやスマートコミュニティ構築の手法などを、2013年~2015年に調査した。2015年11月16~21日の調査を主として、2015年にバルセロナで開催されたSmart City Expo World Congress¹⁾のワークショップでの協議などの活動に基づくまとめを記す。

訪問した都市はバルセロナ、サンセバスチャン、ビルバオ、サンクガなどであり、地域の産業振興に関わる産学官民などのステークホルダーに聞き取り調査を行った。

当時のスペインは経済状態が思わしくなく、金融関係の機関・会社への聞き取りはできなかった。またニュースなどのメディアは参加しているが、主要な役割を果たした地域はなかった。

都市名とステークホルダーの特徴を表1~3に示す。ステークホルダーは産学官(公)民金に分類され、色の濃いステークホルダーは、他と比較して主導的な役割を担ったことを示す。

1) バルセロナ Barcelona

人口約160万であり、周辺では最大の都市である。サグラダファミリアなどの観光と合わせて、Smart City Expo World Congressも周辺のホテルや交通網と共に計画されている。

商工会議所、大学連携組織のつながりが強く、緊密な情報共有がなされていた。バルセロナ市とNPOが主要な役割を占めている。なお、日本人が約1,400人住んでおり、情報交換が盛んに行われている。

2) サンセバスチャン San Sebastian

美しい海岸と従来からの特徴であったおいしい料理を洗練させて、「美食の町」として著名である。海岸の観光のみでは立ち行かないという考えから「食の展開」にたどり着いた。

ミシュランの星数が人口当たりで世界最高となっている。移出入の人口数の管理、調理の研鑽などが行われている。

企業とNPOが主要な役割を担っている。

3) ビルバオ Bilbao

市内に特徴的な建造物を設けて、そこから観光収入を得るといった戦略をとっている。美術館の建



図1 仮設住宅の自立電源照明システム



図2 復興再生多目的施設 あおみな



図3 東松島防災エコタウン

設から始め、最初は設計応募者が少なかったが、建設したグッゲンハイム美術館自体の評価が世界的に高く、その展示品と続けて街中に建てられた建造物も高く評価された。

当初の建設費の充当が課題であったが、別組織を国、自治体などと作って対処した。展示・説明などの運営を市民ボランティアが行うなど、地域全体で取り組んでいる。この美術館のビジネスモデルを海外に展開している。

NPO が最も主要な役割を持っており、自治体がそれを支援している。

4) サンクガ St. Cugat

バルセロナに隣接する市であり、スマートシ

表1 各都市のステークホルダーと役割 1/3

| case | strength of regional platform | government and local body | private companies | academy | NPO/NGO citizens | financial institution | news media |
|---|---|--|--|---|---|---|---|
| Barcelona Activa (Business Promotion Bureau), Barcelona | many services, industry (car, printing, etc.), logistics and tourism | enhancing emerging economic sectors, e.g. mobile technology, health | SME 18.5% of Spain companies, asking companies to invest | 15 years of the collaboration between public administration, companies and universities | ready to change and adjust | | many companies in the area for the innovation |
| AGORA Educational Centre for the elderly, Barcelona | Autonomous community of citizens 'Community Learning' spread as around 400 similar centers in the world | Partial financial support from EU, local body, private companies, etc. | Not active | Lectures at university, UPF, Mainly the study of the liberal arts, information literacy, financial literacy, etc. | 2,400 students and 150 volunteers | | |
| 'Talent House' of San Sebastian City | Balanced city, environment, food, earning of inhabitants, age of people, etc. | Activities based on the need in region Smart city makes technology socialized, e.g. Smartkalea, EU project (evaluation indicators) | Four technology center Future industry, e.g. mobility, ICT | 34 research center of 4000 people, 3% of GDP, 14 technology-intensive company | Slogan 'ways of citizen power' | Projects supported by EU, Spain, other local bodies besides local tax | International film festival |
| European capital of culture, San Sebastian | Legacy of the city, Multi-culture | Supported by San Sebastian city | | | 20 staff and 400 cooperative organization | | Newspaper, music, theater, food, etc. |

表2 各都市のステークホルダーと役割 2/3

| case | strength of regional platform | government and local body | private companies | academy | NPO/NGO citizens | financial institution | news media |
|---|--|--|---|---|--|-----------------------|--|
| ITC companies: VICOMTECH, San Sebastian | Knowhow to integrate technologies, To make impact to the region ICT, visualization, etc. | | Research projects of SME, Not going into market | Internship program | Governing board of 18 public companies, etc. | 7.2mEuro/year | |
| ITC companies: IRISBOND, San Sebastian | Communication tool using only eyes | Two public administrations | Established in 2013 | | Social inclusion | Two institutes | |
| Bilbao's post industrial machidukuri | Cultural centrality Future oriented, New leaders emerging often | Revitalization from recession with 30 municipalities since late 80s supported by Bilbao city council Revival plan, e.g. port, subway | No particular control | Decision makers are old minded in general | The activity of Bm30, Think tank to get the opinion of private sector International network of young people is necessary | | |
| Bilbao Txokoak | Participation of citizens | Budget supported by Bilbao city council | | | The activity of Bm30, Art and design sector, Applicants are young people, architects, neighbors, etc. | | Official web site for the idea contest |

表3 各都市のステークホルダーと役割 3/3

| case | strength of regional platform | government and local body | private companies | academy | NPO/NGO citizens | financial institution | news media |
|---|--|--|---|---|--|-----------------------|--|
| ITC companies: VICOMTECH, San Sebastian | Knowhow to integrate technologies, To make impact to the region ICT, visualization, etc. | | Research projects of SME, Not going into market | Internship program | Governing board of 18 public companies, etc. | 7.2mEuro/year | |
| ITC companies: IRISBOND, San Sebastian | Communication tool using only eyes | Two public administrations | Established in 2013 | | Social inclusion | Two institutes | |
| Bilbao's post industrial machidukuri | Cultural centrality Future oriented, New leaders emerging often | Revitalization from recession with 30 municipalities since late 80s supported by Bilbao city council Revival plan, e.g. port, subway | No particular control | Decision makers are old minded in general | The activity of Bm30, Think tank to get the opinion of private sector International network of young people is necessary | | |
| Bilbao Txokoak | Participation of citizens | Budget supported by Bilbao city council | | | The activity of Bm30, Art and design sector, Applicants are young people, architects, neighbors, etc. | | Official web site for the idea contest |

ティを目指している。公園への太陽光発電の照明装置の設置による再生可能エネルギーの利用、市内のWiFiネットワークの充実などを行っている。

自治体が主導しており、NPOは見当たらなかったが、清掃業務において市内のごみ箱の交換通知を、通りかかった地域住民が行うというシステムになっていた。

2.1.3 東松島市とスペインの都市の活動の特徴

東松島市のJASFAとHOPEの違いは、後者が産官学金などに加えて、地域住民の代表者を民として一緒に活動を開始した点にある。主な受益者となる住民を含めた地域全体の合意があって、様々なプロジェクトを進めることができた。

また、被災後の住民の立場からの課題をニーズとして捉えて、参加者のシーズとのマッチングを行うとともに、復興プロジェクトに必要な資源の把握を行ってから、個別のプロジェクトを実行している。ステークホルダーの結束と住民の参加が効果的であった。

スペインの都市と共通していることは、いずれもあまり目立たず緩やかに衰退している地域であったことと、現状に危機意識を持った人々がいて、おおよそ次の手順で計画と実行がなされていることである。すなわち；

1)ステークホルダー中のサブリーダーや幹事的な立場にいるメンバーが10名以下で集まる。顕在化していないが、暗黙裡に周知・懸念していた課題を明確にして共有する。

2)将来のあり方を3~5年間協議して、計画を作成する。ステークホルダー間の全体の方向性や各々の役割が共有される。

3)実行にあたっての各々の業務内容や費用についての責任分担と、リスクを誰がどのくらい取るかを明確にする。

4)必ずしも順調ではない中でも、5~10年程度あきらめずに継続して活動する決心を持つ。

なお、この調査とは別途に、デンマークのロラン島の訪問調査を行ったが、同様の手順と内容が確認できたⁱⁱ⁾。

2.2 地域のポテンシャル

2.2.1 地域ポテンシャルと課題の関係

地域はそれぞれの地理、歴史、文化などの特徴があり、特長や短所を持つ。そこに暮らす人々がすべてを意識するとは限らないが、それぞれの肌感覚を持っている。

前述の活動と調査などから考えた地域ポテンシャルと課題の構造を図4に示す。地域の風土や文化、インフラ、公共サービスなどがまず全体としてあり、年単位で緩やかに変化する。例えば、再生可能エネルギーの利用は気候により予め利用可能な限度が見積もられる。

安全・安心、少子高齢化、環境・エネルギーなどの先進諸国が共通して抱える問題が、中山間地

域の過疎に関する固有の課題として顕在化する。例えば、山なら土砂崩れ、海なら津波である。

ステークホルダーとしての組織は個別の目的を持ち、景気動向などに影響される。住民は、暮らしながら、組織の一員として生活している。

解決できる課題は、地域と人・組織の能力との組合せによってほぼ決まる。太陽光の得にくい日本海沿岸地域で太陽光発電を行うのであれば、あらかじめ少ない発電量ですむ用途を考えるべきである。IT産業の無い地域で、ITを用いて課題解決しようとするれば、関係者は地域外から来て、地域の資金や資源を使うので、地域の資源は流出することになる。また地域外に依存し続けることになり、持続可能ではない。

ここでは、将来の生活を支えながら、課題を解決する地域全体の能力を、地域の持つポテンシャルと考える。これを把握できれば、課題解決の可否や具体的な方法がある程度予測でき、少なくとも致命的な失敗を回避できるはずである。

より広域のポテンシャルを示す例が、東北経済連合会「東北プロジェクトマップ」¹⁰⁾に見られる。地図上に、道路、鉄道、空港、港湾、航路、電力、エネルギー、自然・観光が、規格・能力などと

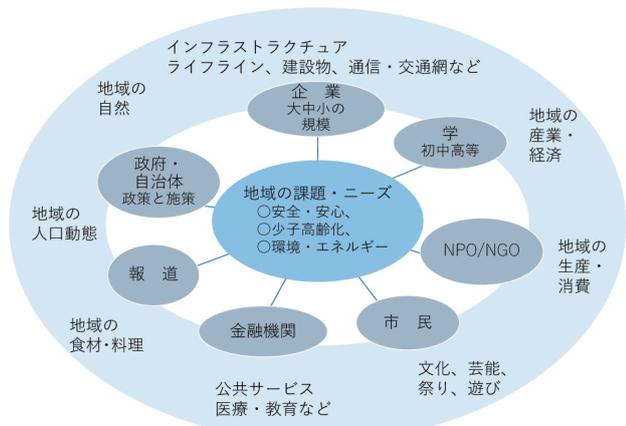


図4 地域のポテンシャル・ステークホルダー・課題の関係図

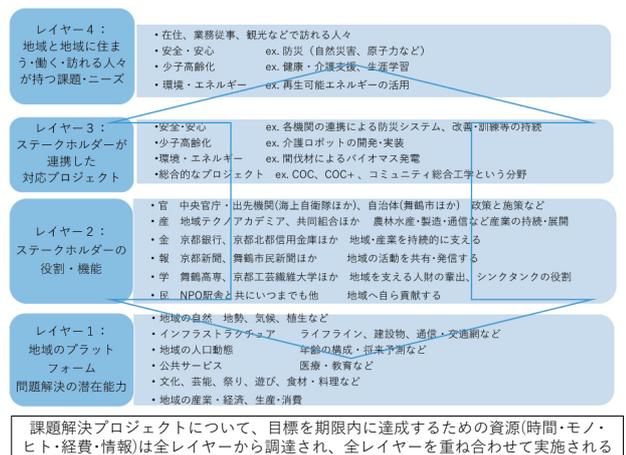


図5 地域のニーズとシーズを結ぶストーリー

共に掲載されている。また、ILC 国際リニアコライダー構想などの進行・計画中の7つのプロジェクトが示されている。

これらにより、東北地方の大きな動きと県域程度の広さのポテンシャルが把握できる。北近畿地域を全体として俯瞰する際には、このような資料が役立つと考えられる。

2.2.2 関係図の使い方

前出の関係図の各項目について、人口や主産業などを記述していけば、資源・エネルギーの現状や地域のプロジェクトの現状が把握でき、地域のポテンシャルが見えてくる。

2000年頃からスマートシティという言葉が使われ始めて、都市のインフラなどの分類・整理と関連する ISO 規格が整備されてきている¹¹⁾。都市が主対象であり、多岐で詳細な項目が挙げられているが、地域についても使える部分はあると考えられる。

地域課題の解決の一般的な手順としては、これまでの調査によれば、以下の手順が考えられる。

- 1) 地域が持つニーズ・課題を把握する。
- 2) 地域を解決のプラットフォームと考える。
- 3) 地域のポテンシャルを基にしたプロジェクトを考える。
- 4) 必要な資源を調達する方法を考える

基本的には自助、できないことはしないことが重要である。失敗後の再挑戦は、人材等の資源の散逸、挫折感などから、多くは困難なようである。

地域の特徴や強みはシーズとして、課題や弱みはニーズとして考えられる。住民の描く将来像を実現するためには、抱えている課題を挙げて、優先度を定めるが、この際にポテンシャルに応じて解決の可否を判断する必要がある。

解決可能な課題を決めた上で、ニーズへシーズをマッチングさせて、それらをストーリーで結びつける。ストーリーを考える際のレイヤーを図5に示す。下方のレイヤー1から昇る地域の物的・人的な資源を、上のレイヤー4の課題へ向けて、レイヤー2のステークホルダーの連携でストーリーを紡いで結びつける。レイヤー3がストーリーを持つプロジェクトであり、ステークホルダーは実行者でもある。スタートアップする際に占有して使える資源の確保を合わせて考える。

地域の課題と SDGs を結び付けたストーリーの作成例は後述(4.2.2)する。

3. 北近畿地域全体の現状

3.1 北近畿地域連携会議

3.1.1 舞鶴高専の研究テーマと内容

「北近畿地域連携機構」とは、福知山公立大学が運営する、地域社会と大学との「知恵と連帯の拠点」として活動し、地域の企業や行政そして大学が協働するプラットフォームである¹¹⁾。

これに含まれる北近畿地域連携会議の第2期の研究テーマとして、舞鶴高専の「北近畿地域におけるSDGsを踏まえたコンパクトシティ構築へ向けての提言」が採択されて、2019年度に研究会を立ち上げた。

目的は、北近畿の沿岸・中山間地域における少子高齢化を踏まえて、将来のコミュニティの持続可能性を確保するための具体的な提言を行うことである。

近年のダイバーシティ、IoT、AIなどの伸展を踏まえて、地域コミュニティにおける諸課題を解決するプロジェクトの成功の仕組みを明示すると共に、具体的な施策・方法、例えば防災、国際化、産業振興、教育・人材育成などについての提言を行う。

3.1.2 第1回研究会の開催

第1回の研究会は2019年1月18日に10名からなる産官学のメンバーにより行われた。関連する資料調査などを行い、情報共有を行った。

新型コロナウイルスのために、その後の活動は行われていないが、これまでの状況について記す。

3.1.3 地域の課題

地域の課題として以下が挙げられた。

1)北近畿地域の人口減少が止まらないことが最大の課題である。2010～2015年の間に1.5万人が減っており、予測より早く減っている。この傾向は続くと考えられる。

関係していることは；

①企業の事業継承が行えない。

例. バスの運転手、鉄道の保守作業。

②地域での現場での人材の確保が行えない。

外国人、高齢者、女性の雇用。建設の下請け専門職は外国人の例がある。

③経営、現場の間の中間層が少ない。

④20歳を越えると、働く場所がないので地域外へ出て行く。地元に戻って就職する人が少ない。

⑤地域や団地内の年齢構成を考えるべきである。

⑥過疎地は高齢者の死亡により人口減少が進んでいる。例. 京丹後

⑦日本の社会制度の仕組みに問題があるのではないか。例. 都市手当のために地方から都市への人の流れができる。進学率や所得の上昇が都市へ行く機会を増やす。

文献「日本社会のしくみ」¹²⁾が紹介された。

2)将来へ前向きに考えるプレイヤーが必要である。例. 京丹後の織物業界は数百億円のマーケットがあったが、30～40年前に衰退した。その後、バブル崩壊などにより、地域からの人口流出が止まらなくなった。早くからの対応が必要であった。

3)北近畿地域の特色を活かした将来への活動を考えるべきである。地域の特色をどのように出していくかが課題である。地域にない新しい特色を育てるのは難しい。

4)隠れた待機児童がいる。ある企業で保育所を開設したが、必要な資源が多く10年で閉鎖した。

3.1.4 課題解決のための対応

課題に対しては、参加メンバーのこれまでの取り組みなどが紹介されたが、まとめると以下のようになる。

1)地域での採用・就職に当たって考えるべきことは以下の通り。

①地方と都市の違いを考えて説明する必要がある。都市と自宅の給与と生活費を全体的に考えて、違いを示す。地域の魅力をトータルに示す。

②学校側は就職に際して、大企業・中小企業への対応、保護者・中学生への対応の違いを考える。

③地域企業において、開発・研究についての人材が活躍する場が少ない。

④社会経験や企業を持つ課題解決のためのインターンシップが有効である。

⑤企業の課題として、企業の広報、人材獲得への投資が必要である。

⑥採用には1名当たり100万円以上かかる。

⑦大手企業と地方企業の賃金格差がある。

⑧地域の課題を解決する事業での雇用を図ってはどうか。

⑨ある会社、1/3が女性社員、社員の80%が残業なし。有給は80%消化している。企業規模は50名、年齢は20～60歳で均等分布している。

2)課題解決のための国からの助成が必要である。

内閣府、各省庁からの助成があるが、申請にはノウハウが必要である。

3)地域のインフラストラクチャーや地方創成のための取組みの一覧があれば、情報共有に役立つ。

例. 京都府北部の5市2町の産業連関表からみる地域産業の特徴、東北プロジェクトマップ¹⁰⁾

4)新しい考え方が必要であり、ここで話し合われたような内容を共有する場が必要である。例. ビジネスの仕組み、人生100年時代の暮らし方、各課題に対する地域のステークホルダーの協働

上記の課題解決のためには、前出2.2.2の地域課題の解決の一般的な手順に沿って、プロジェクトを立ち上げることになる。どの課題解決を優先するか、どの強みを使うのかについては、以下に述べる地域の経済循環分析が有用と考えている。

3.2 地域の経済循環分析

3.2.1 地域の経済循環分析とは

地域経済循環分析とは、『市町村ごとの「産業連関表」と「地域経済計算」を中心とした複合的な分析により、「生産」、「分配」及び「支出」の三面から地域内の資金の流れを俯瞰的に把握するとともに、産業の実態（主力産業・生産波及効果）、地域外との関係性（移輸入・移輸出）等を可視化する分析手法』と位置付けられている¹³⁾。

地域の経済状況を知る上では、内閣官房(まち・ひと・しごと創生本部)の地域経済分析システム

RESAS¹⁴⁾があり、都道府県単位と市町村単位での表示がある。

また、環境省でも地域経済循環分析ツール¹⁵⁾が公開されている。地域の産業と経済の状況に基づいて、住民の所得をいかにして向上させるかという視点を持ち、複数の自治体を合わせて集計できる。以下は最新の2015年版を用いる。

3.2.2 地域の経済循環分析の考え方

地域経済の全体構造を図6に示す。次の三面；

- 1) 生産・販売 (所得の向上)
- 2) 分配 (家計や企業の所得の受け取り)
- 3) 支出 (消費や投資等の所得の使い方)

から見た所得の循環と地域内外の所得の流入入を表す。生産部分の稼ぐ力と人口1人当たりの所得を地域の最終的な成果指標として把握する。

所得の流入入構造を図中に示す4つの視点；

- 1) 生産・販売からの分配の過程での流入入
- 2) 民間消費の流入入 コンパクトシティと対応
- 3) 民間設備投資の流入入
- 4) 経常収支の流入入

により、好循環を起こす2つの方法を考える。

- 1) 地域内外から所得を得て、地域の稼ぐ力の向上を図る。
- 2) 得た所得を地域内で循環させて、所得循環構造を構築する。

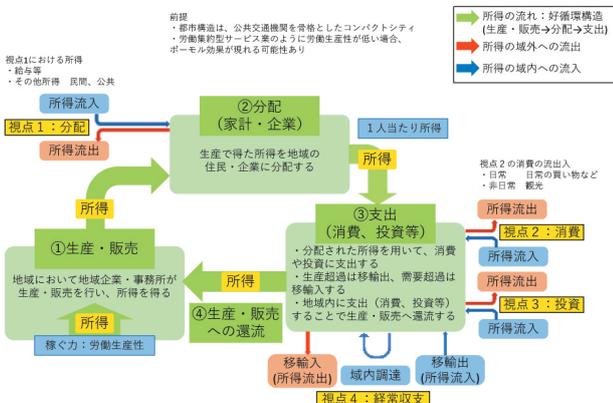


図6 地域経済循環の構造と分析の視点



図7 舞鶴市の経済循環分析

稼ぐ力をつけるためには、域外から所得を得る、域内で取引を拡大させる、不得意な部分は他地域へという基本的な考え方ができる。

地域課題を解決するうえで、有用な点は以下の通りである。

- 1) 地域の経済的な現状を把握できる。

地域経済の移出入を把握することにより、住民の所得はどこから生まれているのか、持続的な所得かどうかを知ることができる。

- 2) 課題を解決する優先順位を考えられる。

地域の強みである産業を特定することにより、解決可能な課題をより明瞭にすることができる。強みを持つ伸び代のある産業を地域の牽引役にすることができる。

3.2.3 舞鶴市の経済循環分析

舞鶴高専が位置する舞鶴市について、環境省のツールから自動的に作成される結果の一部を図7に示す。

生産販売、分配、支出、エネルギーについての地域の特徴が列挙されており、地域内の状況の全国における位置づけもできる。

この他にも、生産(産業別付加価値)、分配(雇用者所得、その他所得、夜間人口1人当たり所得)、支出(消費、域際収支、移輸出、移輸入、投資)、CO₂排出量の個別情報と全体像のほかに地域の特徴が示される。

また、地域の全産業について影響力係数^{iv)}と感応度係数^{iv)}、そして域内の取引構造が図示されている。

舞鶴市の産官学の関係者が持つ定性的な肌感覚と定量的な分析を合わせて考えることにより、より精密な課題への対応が可能となる。

3.2.4 北近畿5市2町の経済循環分析

北近畿5市2町の個別の分析によると、各自自治体における産業別付加価値額を与える上位の産業は、舞鶴市は窯業・土石製品、公務。綾部市は保健衛生・社会事業、住宅賃貸業、電子部品・デバイス。福知山市は化学、住宅賃貸業。宮津市は住宅賃貸業、公務。京丹後市は保健衛生・社会事業、住宅賃貸業。伊根町は建設業、公務。与謝野町は保健衛生・社会事業、教育であり、異なる。

このほかにも生産、分配、支出においての多様な違いがあり、域内への移輸入を減らして域内での取引の増加が必要なことを考えると、全体が協働することが必要である。そのために「京都府北部地域連携都市圏ビジョン」²⁾が現状を把握するうえで有用である。

5市2町全体の分析(一部)を図8に示す。生産については、産業別付加価値額を最も与える産業は公務である。製造業では、窯業・土石製品、次いで建設業、化学である。第3次産業では、公務の次に住宅賃貸業、保健衛生・社会事業がある。

分配については、第3次産業の雇用者所得が最も大きい。夜間人口1人当たりの所得は4.26百万円/人であり、全国平均と比較して高い水準である。

支出については、窯業・土石製品、公務、電気業が域外から所得を稼いでいる。消費は域内に

流入しており、その規模は地域住民の消費額の約1割である。投資は域外に流出し、規模は地域住民・事業所の投資額の約3割である。

域内の核となる産業を図9に示す。地域の全産業について影響力係数^{iv)}と感応度係数^{iv)}の共に大きい第I象限の産業はパルプ・紙・紙加工品、

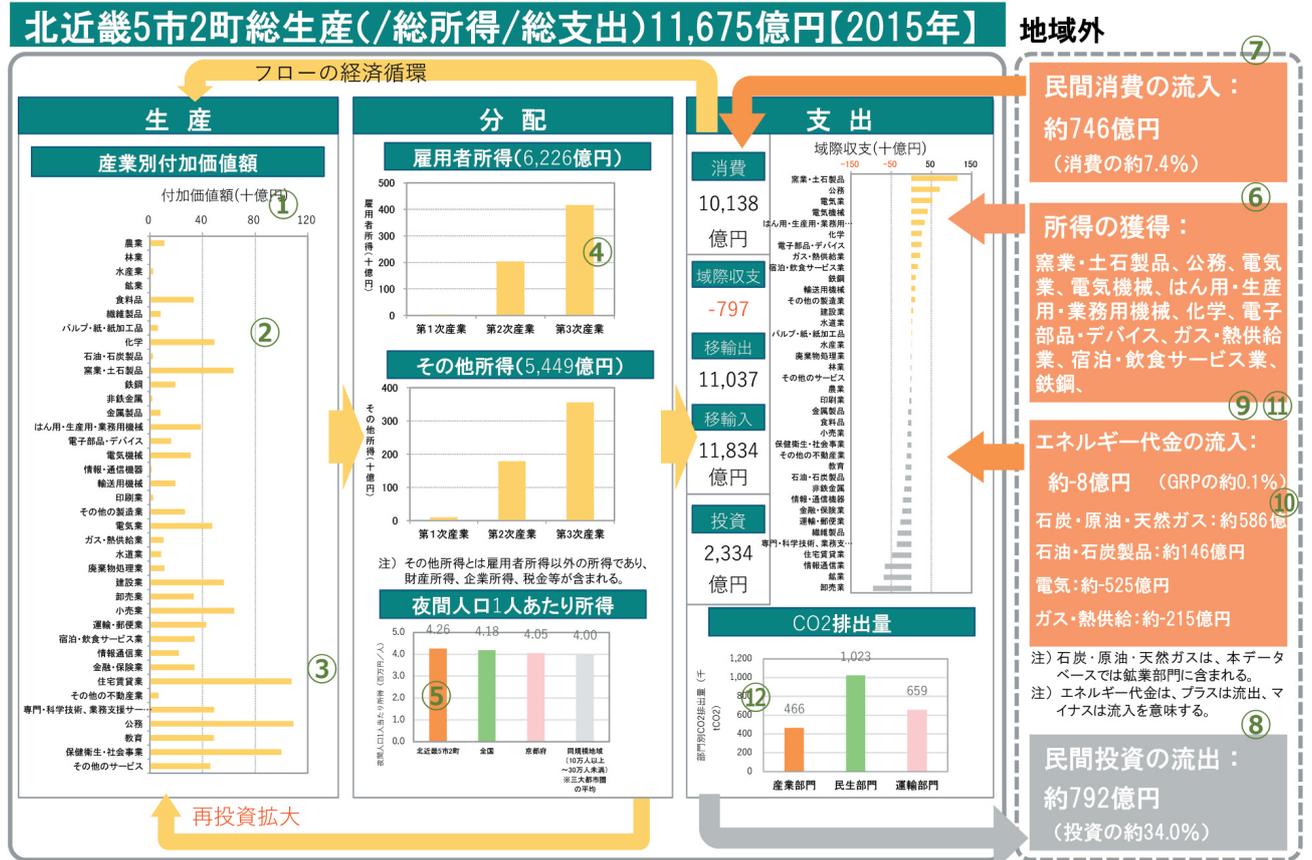


図8 北近畿5市2町の経済循環分析(部分)

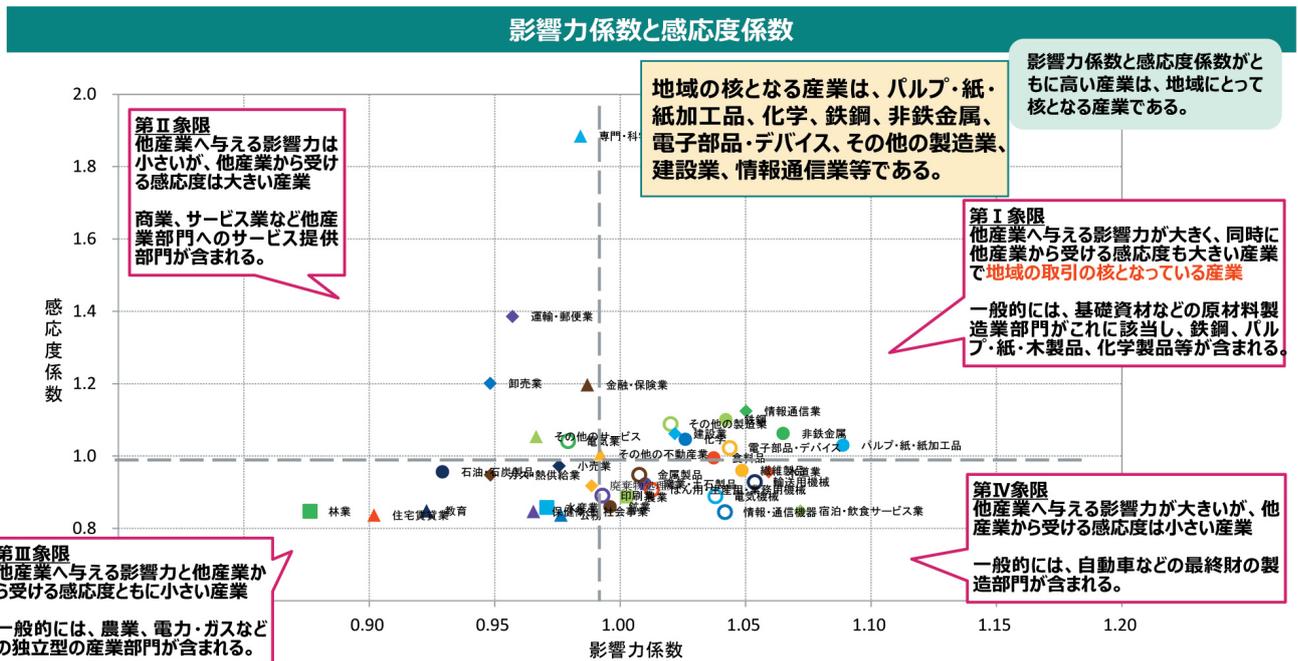


図9 北近畿地域の産業の影響力係数と感応度係数

化学、鉄鋼、非鉄金属、電子部品・デバイス、その他の製造業、建設業、情報通信業等である。

これらの産業が関連するあるいは関心を持つ課題に資源を投入すれば、ほかの産業に比較して、解決の可能性が大きくなる。

域内の取引構造を図 10 に示す。赤い実線が取引上で強く結びついている。域内の核となる産業の上流側の資源が域内から調達できていれば、域外への移輸入が少なく、持ち出しが少ない。

域内の振興策としては文献 13)によれば；

1)地域間取引の活性化

近隣での物資移送の時間短縮などによる労働生産性の向上が期待できる。

2)地域内調達の活性化（クラスター化）

販売先と調達先の結びつきを強化して、結果として労働生産性の向上が図れる。

3)地域内取引の核になっている産業の育成・強化

取引のある域内の全産業の生産性の向上が期待できる。

4)設備投資の流入

域内の産業活動が活発になれば、域内での設備投資が起こり、労働生産性の向上が期待できる。

4. 舞鶴市での舞鶴高専の活動事例

4.1 小河川の水位監視システム

4.1.1 舞鶴市における現状と課題

北近畿地域は河川による災害が多く、由良川だけでも、国土交通省近畿地方整備局福知山河川国道事務所の記録¹⁰⁾によれば 2004 年～2020 年の

間に 16 回の大きな水害があり、その内の 4 回に災害救助法が適用されている。

由良川などの一級河川は国・京都府の監視が確立されており、状況把握と防災上の発報の体制が整備されている。一方、小河川については、自治体が降雨量などを観測しているが、災害が予想される際には、職員が現場に赴いて確認後、避難所の開所などを行うことが多い。夜間に多数地点での被害が想定される際に、人数的に対応できない場合があり、現場に向かうこと自体が危険を伴う。

舞鶴高専は、舞鶴市、KDDI 株式会社との三者協定に基づいて、オムロン株式会社を含めて、この状況を改善するために、「スマート防災に関する取り組み 舞鶴市小規模河川の防災」というプロジェクトを行っている。「SDGs の 11 住み続けられるまちづくりを」、「13 気候変動に具体的な対策を」に対応する。

4.1.2 システム構築プロジェクトの概要

本プロジェクトは、舞鶴市役所がニーズの集約と社会実装を行い、舞鶴高専が研究開発と技術提供を行い、協働して舞鶴市民の防災に役立てて、市民からのフィードバックを得て改善していく。

舞鶴高専が取り組む内容は、舞鶴湾に直接流れ込む志楽川の流出解析と潮位変動の影響評価である。数時間後の河川水位の予測ができれば、安全に住民が避難所へ向かうことができると考えている。舞鶴市東地区の状況を図 11 に示す。

過去に何度か床上浸水があった志楽川（図 12 参照）は、二級河川、延長 6.352 km、流域面積 15.3

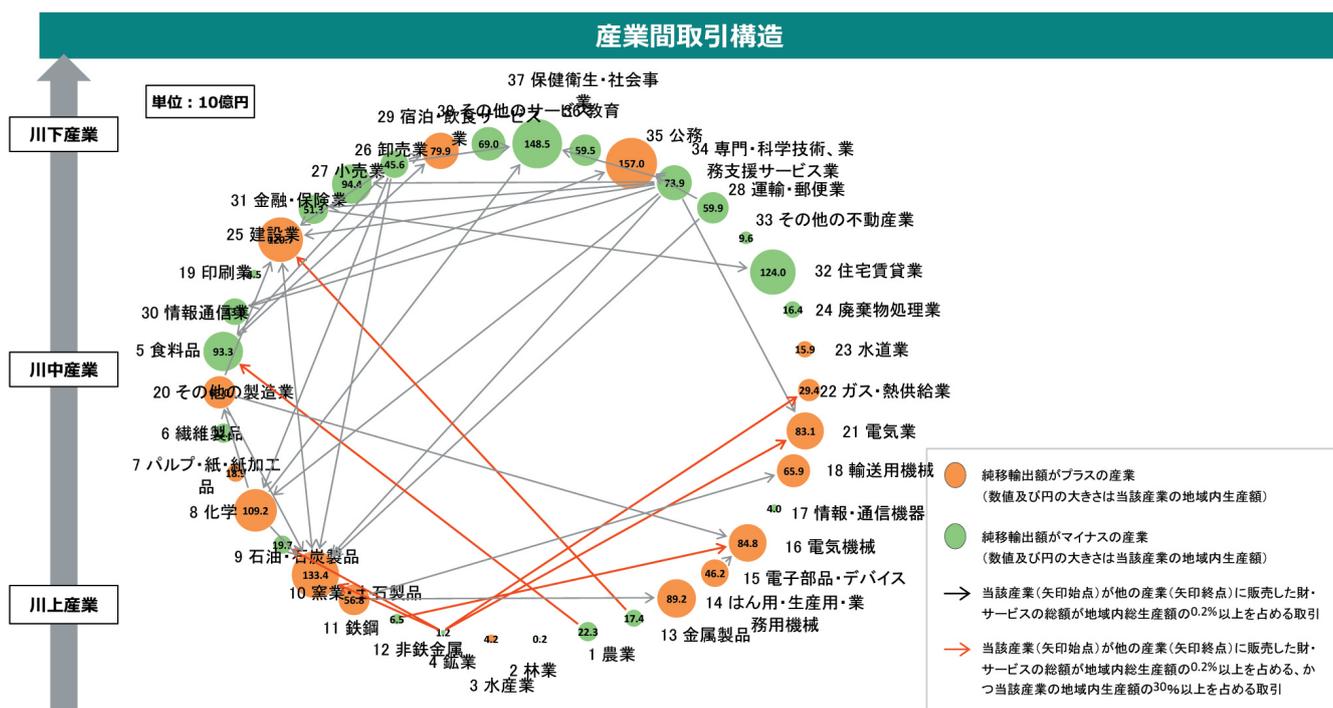


図 10 北近畿地域内の取引構造

km²、管理は京都府である。まず中流域で解析を行っている。過去の計測データがあり、潮位の影響を受けないためである。

4.1.3 浸水のための水位と流出位置の予測

1) 水位の予測

水位の解析モデルは、2段タンクモデルを用いる(図13参照)。比較的簡易なモデルであるため、自治体や市民が内容を理解して、モデルの前提や限界などを意識することが可能となる。

解析対象は、降水量が多く浸水被害が発生した2004年台風23号、2017年台風21号、2018年西日本豪雨として、パラメータは各対象の観測最大水位に合うよう経験的に決定する。再現性を評価する基準を最大値としている。

例として2004年台風23号についての予測水位と観測水位の関係を図14に示す。予測最大水位と観測最大水位の相対誤差は0.35%となっている。すべてのケースを対象に各パラメータを決定して解析を実施した結果、良好に再現できた。

次に、気象予報の雨雲予報からの降水量を用いることで、数時間後の水位予測を試みる。2017年台風21号の降水量がピーク時の雨雲の分布から、1時間後と3時間後の水位の予測を行った結果例



図11 舞鶴市東地区の浸水についての活動



図12 志楽川と水位計の位置

を図15に示す。双方の結果共に絶対誤差0.79%以下、相対誤差0.87%以下であり、予測に使えると考えられる。

潮位変動による影響については、モデル地形による断面一次元解析を行った。2017年の台風21号の潮位66cmの場合、河口から750m地点まで影響がある。

2) 流出位置の予測

小河川において、どの地点で流出が起こるかは、川底の勾配差や曲がり部分における遠心力の作用による水位変化があり、詳細な3次元地理データが必要となる。しかし、一般的に使われる地図の解像度がメートルオーダーであることから予測が難しい。

そこでドローンによるcmオーダーの3次元地図データを、ドローンが収録した画像データを処理して作成している。測量の様子を図16に示す。

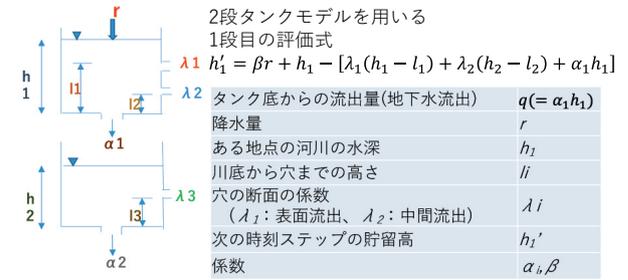


図13 解析に用いた2段タンクモデル

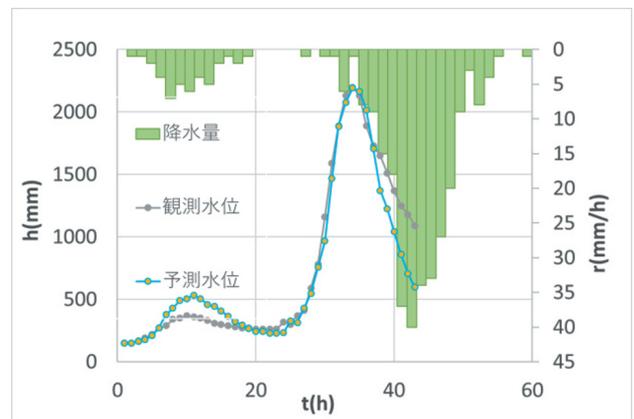


図14 2004年の予測推移と観測水位の関係

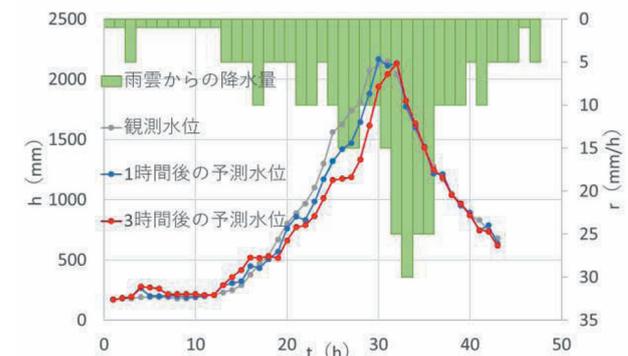


図15 2009年の台風21号の1時間後と3時間後の水位予測

志楽川兩岸のデータ例と舞鶴市の GIS 地図データを図 17 に示す。流域のデータはほぼ作成したので、解析結果を基に危険度の評価を今後行う。

4.1.4 今後の予定

従来から小河川の浸水の解決は、住民の要望が大きい地域課題である。開発している浸水予測システムは、運用、情報発信などについて、舞鶴市や地域住民と一緒に社会実装を進めている。

舞鶴市は、2019 年に SDGs 未来都市に認定されており、いかにして持続的な活動にするかを検討している。

すべてを産官学から持ち出す資源で行うことはできないので、システムに関する事業を、社会実装する際に、地域で立ち上げる必要がある。

そこで内閣府の SDGs に関連する活動に参加しながら、スタートアップの方法論を次のように考えている。

4.2 内閣府の官民連携 SDGs プラットフォーム

4.2.1 スタートアップ研究分科会

内閣府は 2019 年から官民連携 SDGs プラットフォーム¹⁷⁾を開始した。PMI 日本支部¹⁸⁾が事務局をしているスタートアップ研究分科会は、SDGs を実現する際の活動において、経済的に立ち上げて持続するための方法を研究している。既



図 16 ドローン測量の様子



図 17 志楽川の 3次元データと GIS データの例

存の資源を用いて課題解決するだけでなく、課題解決の活動を持続可能とするためには事業のスタートアップが必要になる。

2020 年度から、ベーシックコースとアドバンスコースが設定されている。前者はプロジェクト・マネジメントの基本的な事項と SDGs の考え方の結びつきなどを扱う。後者は、実例をもとにしてスタートアップの方法論を研究している。

舞鶴高専は、前出の水位監視システムのプロジェクトを、アドバンスコースでの実例として報告して意見交換をしている。卒業研究のテーマとして実施しており、少子高齢化が進行する中で、次世代の若者が関与することは望ましい。

SDGs は対象範囲が広範なので、地域の課題を整理する上で役立つ。また、課題解決のプロジェクトは、地域のステークホルダーの連携が必要であるが、連携してスタートアップする方法論を確立する意義は大きい。

4.2.2 SDGs と関連付けたスタートアップ方法

これまでに開発した手順に沿って項目を述べる。なお適宜フィードバックを行っている。

1) インタビューなどによる地域課題の発見

現地に住まう方々へのインタビューやアンケート調査などにより、聞き取りを行う。長年住まわなければ分からない経緯や過去の試みのほか、地域のポテンシャルやステークホルダーについての情報も合わせて得ることができる。

2) 課題と解決の全体像を描く

課題解決しながらのスタートアップ実現のためにリーンキャンバス¹⁹⁾を作成する。小河川の水位監視システムについて作成した例を図 18 に示す。①顧客セグメント、②課題、③独自の価値提案、④ソリューションまでをまず書き込む。

スタートアップの可能性を探りながらなので、最初からすべてを書き込まなくてよい。例えば、⑥収益の流れ、⑦コスト構造は、地域経済循環の調査が必要であり、後回しになる。

説得力のある内容を①～④に書き込まず、地域のポテンシャルがなく、⑨圧倒的な優位性が無ければ、スタートアップの可能性は低くなる。

3) 課題解決と SDGs を結び付ける

解決プロジェクトの 17 ゴール、できれば 169 ターゲットとの対応を一覧にする。この SDGs ゴールマッピングにより、得られた多種多様な課題や活動を分類・整理できる。

4) 解決の目標を掲げる

対象とする課題について、誰が何をどうするのかをリストにする。具体的な目標、必要な資源や活動内容、活動期間などが見えてくるので、プロジェクトとしての要件をほぼ満たせる。検討したターゲットリストの一部を図 19 に示す。

5) 活動の成果を掲げる

活動の結果として得られる成果を整理して、ロ

ジックモデルを作成する。これにより課題解決に関わるメンバーの関係、達成することなどが具体的に記述できる。

6) 受益者への価値と評価指標を決める

各ターゲットについて、短期・中期・長期のアウトカムを書き出す。またどのような受益者がいるかを書き出して、得られる価値のベネフィット・リストを作成する。

7) 行う活動を組み立てる

一連の各項目は随時見直しを行い、改訂されるが、実施するために WBS(Work Breakdown Structure) ^{viii)}が作成される。11月時点のWBSの一部を表4に示す。実際に行う活動が3つのレベルに細分化されて、活動全体の構造が見える

なお、以降の2つは現在検討中である。

8) ESG (Environment Social Governance) 投資プロジェクト実行とスタートアップのための原資を得るための分析と手法を開発する。例えば企業版ふるさと納税やクラウド・ファンディングなどの実現性を考える。

9) 実施と報告

Table with 5 columns: ①課題 (Problem), ④ソリューション (Solution), ③独自の価値提案 (Unique Value Proposition), ⑨圧倒的な優位性 (Unfair Advantage), ⑤顧客セグメント (Customer Segment). It details the components of a lean canvas business model.

図18 リーンキャンパスの作成例

Table showing target setting examples for a water level monitoring system. It includes project name, dates, and a detailed Gantt chart with goals, key outputs, and milestones.

図19 ターゲット設定の例 (部分)

表4 小河川の水位監視システムに関するWBS (部分)

Table with columns: No., 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100. It lists tasks, start/end dates, and responsible parties.

舞鶴市は、継続している施策を展開する形で一部を進めている。舞鶴高専は、卒業研究として前述の活動を続けている。

まず、持てる資源でできる範囲で実施して、継続することが大切であり、広報活動や公開講座での情報提供などを行っている。

これらを基にして住民やステークホルダーと情報共有し、各種の助成や資源を獲得する努力を続けることになる。

5. まとめ

5.1 期待される波及効果

現時点では、地域課題解決の好事例が多数あるものの、新たな課題に適用できる確立された方法論は見当たらないと思われる。

地域ポテンシャルと地域経済循環を把握した上で、地域課題をSDGsの観点から整理して、プロジェクトを実施するという本手法は、個別事例の成功要因の分析ができ、そして幅広く地域課題に応用できると考えている。

5.2 今後の展開

現行のプロジェクトを継続すると共に、北近畿地域の産(公益社団法人京都工業会、一般社団法人京都知恵産業創造の森創造の森ほか)、公(5市2町ほか)、学(福知山公立大学、京都工芸繊維大学ほか)との連携体制を構築しつつある。

より具体的には、京都府中丹広域振興局の支援により、企業のアライアンスとしてPMS(Product Manufacturing Service) ^{ix)}の設立と、生産する製品の開発を進めている。

人口減少の続く中、SDGsの実現を通じて、持続可能な北近畿を目指して行く。

謝辞: 宮城県東松島市での活動にあたり、東松島市(阿部秀保市長、当時)、(一社)HOPE(東松島みらいとし機構)(会長:井口泰孝、当時)、(一社)JASFA(持続可能で安心安全な社会をめざす新エネルギー活用推進協議会)(会長:井口泰孝、当時)、スペインの調査にあたり、JEUPISTE(Japan-EU Partnership in Innovation, Science and Technology, 日欧産業協力センター)、スペイン大使館、Hasekura2.0プロジェクト(代表Renata Piazza氏)ほかの関係の皆様のご支援とご意見を頂きました。

「小河川の水位監視システム」の開発は、舞鶴市、KDDI社と舞鶴高専の3者協定に基づいて行われており、オムロン社様を初めとして様々なご助言とご支援を頂きました。

北近畿地区の振興に関しては、福知山公立大学と北近畿地域連携会議、舞鶴高専地域テクノアカデミア、北近畿の自治体関係者と意見交換をさせて頂きました。

ここに皆様のご厚意に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) あやべ水源の里、<https://suigen-ayabe.com/suigen/>、2020.11.12 時点
 - 2) 京都府北部地域連携都市圏ビジョン、京都府北部地域連携都市圏形成推進協議会、<https://www.city.maizuru.kyoto.jp/shisei/cmsfiles/contents/0000003/3312/renkeibizyon.pdf>、2017.8 時点
 - 3) 東松島市の被災状況、東松島市 HP、<https://www.city.higashimatsushima.miyagi.jp/index.cfm/1,17783,122,html>、2020.11.13 時点
 - 4) 一般社団法人 持続可能で安心安全な社会をめざす新エネルギー活用推進協議会 (JASFA)、<http://jasfa.info/>、2020.11.13 時点
 - 5) 東松島市宮戸地区復興再生多目的施設 (あおみな)、<http://www.city.higashimatsushima.miyagi.jp/index.cfm/36,19128,163,237,html#gsc.tab=0>、2020.11.13 時点
 - 6) 一般社団法人 東松島みらいとし機構 (HOPE)、<http://hm-hope.org/>、2020.11.13 時点
 - 7) 東松島市スマート防災エコタウン電力マネジメントシステム構築事業、http://hm-hope.org/?page_id=286、2020.11.13 時点
 - 8) HASEKURA2.0 プロジェクト、日本とスペイン間の国際交流を行う。ビジネス交流や人材育成プログラムなどを行ったプロジェクト、https://www.hasekuraprogram.jp.com/#_2、2020.11.14 時点
 - 9) JEUIPSTE (Japan-EU Partnership in Innovation, Science and Technology、日欧産業協力センター)、EU が助成するイノベーション・科学・技術分野に於ける日欧協力の促進、強化と発展を目的とした3年間 (2013年9月~2016年8月) に渡るプロジェクト、<http://jeuipste.eu/ja/About%20the%20project>、2020.11.14 時点
 - 10) 一般社団法人 東北経済連合会、東北プロジェクトマップ (平成30年版)、2018.3.
 - 11) 北近畿地域連携機構、<https://www.fukuchiyama.ac.jp/kitare/about/>、2020.11.19 時点
 - 12) 小熊英二、日本社会のしくみ 雇用・教育・福祉の歴史社会学、講談社、2019.7.17
 - 13) 日本政策投資銀行、株式会社価値総合研究所、地域経済循環分析の手法と実践、ダイヤモンド社、2019.7.3
 - 14) 内閣官房 (まち・ひと・しごと創生本部) 地域経済分析システム RESAS、<https://resas.go.jp/#/13/13101>、2020.11.20 時点
 - 15) 環境省 地域経済循環分析、<http://www.env.go.jp/policy/circulation/index.html>、2020.11.20 時点
 - 16) 由良川流域のあらまし 水害の歴史、国土交通省近畿地方整備局福知山河川国道事務所、https://www-1.kkr.mlit.go.jp/fukuchiyama/river/manabu/aramashi/aramashi_3.html、2020.11.24 時点
 - 17) 内閣府 地方創生 SDGs 官民連携プラットフォーム、<https://future-city.go.jp/platform/>、2020.11.29 時点
- 註**
- i) Smart City Expo World Congress は、バルセロナ市が開催する世界最大規模のスマートシティの大会と展示会である。2015年のSCEWC (Smart City Expo World Congress)において、日欧産業協力センター JEUIPSTE (Japan-EU Partnership in Innovation, Science and Technology project) - HASEKURA2.0 Workshop “Towards a Smart Ageing Society: Community Building and the Role of ICT. Opportunities for EU-JAPAN Collaborations”を開催し、筆者は moderator を務めた。京都においてほぼ同様の会議が開かれている。2021年 URL は <https://www.smartcityexpo.com/next-edition-2021/>、2020.11.19 時点
 - ii) スペインの調査とほぼ同時期にデンマークのロラン島を訪問して、レオ・クリステンセン氏とニールセン北村朋子氏に地域振興についての聞き取り調査を行った。同島は造船などの重厚長大産業が衰退して、人のあまり住まない地域となっていた。2名とその仲間は、再生可能エネルギーの開発のみならず、欧州のほぼ中心にあることを活用した各国間の電力供給の調整を手掛けて、ほぼ10年をかけて同島に産業振興をもたらした。ロラン島の奇跡と呼ばれる。北村氏の著書に、「ロラン島のエコ・チャレンジャーデンマーク発、100%自然エネルギーの島」(新泉社2012年)がある。
 - iii) ISO ではスマートシティ、スマートコミュニティなどと呼ばれる都市の展開に伴う規格を整備するとともに、既存の規格の分類・整理を行っている。関連する規格の全体像が「ISO and sustainable cities」(<https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100423.pdf>)にまとめてある。都市のデータやIT活用については、ISO/IEC TR1) 27550, Information technology – Security techniques – Privacy engineering for system life cycle processes、ISO/IEC 21972, Information technology – Upper level ontology for smart city indicators、ISO/IEC 30182, Smart city concept model – Guidance for establishing a model for data interoperability がある。
 - iv) 影響力係数は、当該産業の消費や投資の増加が、全産業 (調達先) に与える影響の強さを表す。感応度係数は、全産業 (販売先) の消費や投資の増加が、当該産業に及ぼす影響の強さを表す。双方が大きい産業は、地域の取引の核となっている。
 - v) 舞鶴市・KDDI株式会社・舞鶴工業高等専門学校の三者は、2018年12月に地域活性化を目的とした連携に関する協定を締結した。1) 産業の活性化に関する事項、2) 防災に関する事項、3) スマートシティに関する事項について連携する。<https://www.city.maizuru.kyoto.jp/shisei/0000004818.html>、小河川の水位監視システムの他、IT農業や漁業など幅広く連携している。
 - vi) PMI日本支部は、世界標準であるプロジェクト・マネージメントの規格PMBOKを提唱・普及しており、資格付与などの活動をしている。各省庁内でも受講生が1,000名を超えている。高専では、八戸高専、仙台高専、明石高専、舞鶴高専がアカデミック・スポンサーである。<https://www.pmi-japan.org/>、2020.11.22 時点
 - vii) リーンキャンバスは、新たなビジネスを立ち上げる際に使われるテンプレートである。ここで用いたものは、①顧客セグメント、②課題、③独自の価値提案、④ソリューション、⑤チャネル、⑥収益の流れ、⑦コスト構造、⑧主要指標、⑨圧倒的な優位性を書き込むものである。左半分が製品・サービスに、右半分が市場に関係している。例えば、<https://www.slideshare.net/studytech/ss-23454300>、2020.11.29 時点
 - viii) WBS(Work Breakdown Structure)は、プロジェクト・マネージメントで計画を立てる際、プロジェクト全体を細かい作業に分割して構成する図である。大きな単位を小さな単位の集まりにして、段階的に分割し、階層構造にする。WBS以外にも、ガントチャートなど種々の計画の手法がある。(参考：<https://www.edrawsoft.com/jp/project-management-tools.html>)、2020.11.29 時点
 - ix) PMS (Product Manufacturing Service) とは、EMS (Electronic Manufacturing Service)が、自社のブランドを持たず、電子機器の設計・製造を一括して請け負うサービスまたは企業を言うことから、Product (製品) の設計・製造を請け負う意味で考えている。
(2020.12.11 受付)

On the Promotion in North Kinki Region and the Role of Maizuru KOSEN

UTSUMI Yasuo, UENO Takuya, TAMADA Kazuya, KATO Yoshinori,
TAKAHASHI Masanori and TOSHIHIRO Kozo

*Corresponding author: y.utsumi@maizuru-ct.ac.jp

Abstract: Currently, the decline of Japan's population and the birthrate have been making the society of aged people, and the government is working on regional revitalization.

The population is decreasing in the Kita Kinki region as well, and 5 cities and 2 towns in Kita Kinki (Maizuru City, Ayabe City, Fukuchiyama City, Miyazu City, Kyotango City, Ine Town and Yosano Town) have been responding individually or in collaboration.

The following are considered necessary to become a sustainable region for the future.

- 1) Build a system that can solve various problems by themselves
- 2) Increasing the income of the people who live in the region by promoting local industry

It is described that domestic and overseas cases and the way of thinking of regional promotion, the current situation of the Kita Kinki region from the viewpoint of regional economic flow analysis, the implementation activities of the water level monitoring system by Maizuru KOSEN, , and startup methodologies related to SDGs.

Key words: aging society with a declining birthrate, Kita Kinki region, regional economic circulation analysis, small river water level monitoring system, SDGs, Startup

IT プラットフォームの構築プロジェクト AMATERAS (Advanced Massive Architecture of Technology, Education and Research Accelerating System)

The Project AMATERAS (Advanced Massive Architecture of Technology,
Education and Research Accelerating System) to Construct IT Platform

内海康雄¹・鈴木直康²・仲川 力³・井上 卓⁴・福野泰介⁵
UTSUMI Yasuo, SUZUKI Naoyasu, NAKAGAWA Chikara
INOUE Takashi and FUKUNO Taisuke

1. はじめに

1.1 背景

世界的な情報機器の普及に伴い、IoT が SNS をはじめとして、普通の生活に入り込み、それなしの生活ができなくなりつつある。日本では Society 5.0 として対応が進められ、DX (Digital Transformation) が政府と産業界で日常的に使われる言葉となっている。

一方で、2020 年初頭からの地球を覆う新型コロナウイルスの蔓延は、医療を始めとするすべての分野にコロナ禍を初めとする深刻な影響をもたらしている。例えば、教育においては、感染を防ぐための遠隔授業が開始され、対面授業と共に行うハイブリッド授業が検討・実施され始めており、学習者と教職員などに新たな負担が生じている。

従来から、情報処理機器については、開発・製造する場所と使用する場所の地理的な乖離があり、コロナ禍は製品の輸送を停滞させた。各国のインターネットなどの情報通信のセキュリティ問題などと相まって、IT 基盤を成す機器の安定的な供給が危ぶまれる状況となっている。実際、産業界では、他の製品を含めて、国内生産にシフトする動きが出ている。

1.2 目的

将来に向けて IoT 社会を支える情報機器を、国内で持続的に供給すると共に、IT 基盤を支える機器として、高性能な小型汎用 PC を設計、開発、製造及び利用するプラットフォームの構築が、プロジェクト AMATERAS (Advanced Massive Architecture of Technology, Education and Research Accelerating System) の目的である。

開発した小型 PC の普及・展開により、教育・産業・研究における安定的な活動が可能となる。

1 舞鶴工業高等専門学校 校長

2 Beld 株式会社 代表取締役

3 舞鶴工業高等専門学校 電子制御工学科 教授

4 国立高等専門学校機構 研究推進・産学連携本部
西日本 KRA

5 株式会社 jig.jp 会長/福井工業高等専門学校 OB

また、人材育成の研修プログラムを、小中学校、高校、専修学校、高専などの若年層から行うことにより、次代を支える IT 技術者の育成も合わせて行う。

2. PC の現状

2.1 現在普及しているアーキテクチャ

現在、PC に組み込まれているマイクロプロセッサとしては、Arm、x86、RISC-V などが普及している。

近年 RISC-V が注目されており、仕様がオープンにされている。他のプロセッサが相当のライセンス料や秘密保持契約を必要とするが、ライセンス料がかからないという特徴を持つ。

2.2 各国の取り組み例

IoT が進展する中で、マイクロプロセッサの開発には高度で複雑な知識が必要であり、製造費用が多額になる。

英国の Raspberry Pi (ラズベリーパイ、略称ラズパイ) は、Arm プロセッサを搭載したシングルボード・コンピュータであり、英国のラズベリーパイ財団によって開発されている。一部の製品は安価であり、日本でも高専ロボコンでのロボット制御や教材としてよく使われている。

イタリアでは、Arduino (アルデュイーノ) というワンボード・マイコンがあり、オープンなハードウェアとソフトウェアがまとまった統合開発環境を持つ。日本では、実測や実験などに使われている例がある。

ほかにも開発されている例があるが、上記2つの共通点は以下の通りである。

1) 小型 PC の開発・製造は各国の IT 社会の将来を支える必須技術であることから内製化しており、何らかの経済的支援が伴う。

2) 普及のためオープンソースの提供が多く、一部はボランティア的な活動に支えられている。

3) 開発・製造には、高度な IT 人材が必要なため、国や財団の資金的な支援と共に、教育による優秀な人材輩出がセットとして考えられている。

2.3 日本の現状

IoT 社会に対応へ向けて、政府や経団連などが人材育成について提言している^{1,2)}。文科省は GIGA スクール構想を掲げており³⁾、世界から立ち遅れている現状を踏まえて、小中高校に 1 人 1 台の PC などの情報端末の環境を目指している。

新型コロナウイルスの蔓延により、遠隔授業がスタートして、次第に対面授業へ戻りつつある。国立情報学研究所のフォーラム「4 月からの大学等遠隔授業に関する取組状況共有サイバーシンポジウム」⁴⁾では、各国の遠隔授業などの取り組みが報告される中、授業のハイブリッド化が進んでいることが明らかになっている。

世界の経済が大きく揺らぐ中、国内の IT 機器の調達、OS やアプリのソフトウェアの調達と更新、インターネットを使う環境ではサイバーセキュリティ、維持・更新の経費などの課題がある。また、学校に機器を実装して授業を行う側のスタッフの能力と人数が必ずしも十分ではない。

新型コロナ禍の前からの 1 人 1 台という考え方に沿う例として、IchigoJam⁵⁾がある (図 1 参照)。手のひらに乗せられる大きさの BASIC プログラミング専用のこども向けのパソコンであり、テレビとキーボードをつなげば、すぐ使える。千円台で入手でき、公開されたファームウェア、回路図、ガーバーデータを使って自作や改造することもできる。

3. 日本におけるこれからの IT プラットフォームの考え方

3.1 プラットフォームに必要な項目

これまでの背景と現状を考慮すると、今後の IoT の多様な変化に対応するためには；

- 1) 経済や社会の活動に応えられる汎用性
- 2) 国内における持続的で安定した供給
- 3) IT 機器の設計・製造を担う IT 人材の育成がプラットフォーム構築に必要と考えられる。

3.2 AMATERAS で開発する小型汎用 PC

AMATERAS プロジェクトとして開発する小型汎用 PC の条件として、以下を考えている。



図 1 IchigoJam の本体⁵⁾

1) 教育： 政府はすべての教育機関において GIGA スクール構想を掲げて、IT 教育の充実と人材輩出に注力している。低コストで高性能な PC の提供が必要となる。

2) 産業： 設計から製造までの業務での使用を考えている。例えば、製造工場内の高温の環境で連続稼働する。

3) 研究： AI などの研究テーマに応じるが、HPC(High Performance Computing)にも対応する。

以上を満たすために、高性能、汎用性、スケラビリティが必要となる。

3.3 持続可能な管理・運営と継続的な改善

今回の新型コロナウイルスの影響を踏まえて、IoT の 10~20 年後を考慮すると、国際的な緊張や輸出入の関係に極力左右されない安定なプラットフォームを構築すべきである。そのためには安定した国内供給のために、設計・開発と、改善を続ける人材育成を合わせるべきである。

例えば、プラットフォームの構築にあたり、技術者を育成する教育機関の教育用 PC を手始めとして、段階的に開発・製造プロジェクトを進める。

4. IT プラットフォームの構築プロジェクト AMATERAS

4.1 AMATERAS の考え方

4.1.1 ヴィジョン

IT プラットフォームである AMATERAS は IT 環境の格差の是正を通じて、世界の貧困をなくすことを目指す。先進国と発展途上国にある IT 格差をなくして、SDGs、ESG を踏まえて、生活を安定させる。また、世界中の一人一人に PC を使ってもらい、生活する環境と質を改善する。

4.1.2 ミッション

AMATERAS の構築により、まず日本の IT 環境を改善する。日本国内で設計・開発・製造・利用することにより、地方創生や雇用創出を行い、内需拡大にもつなげる。

教育については、小・中学校、高校、専門学校、高等専門学校 (以下、高専)、大学など幅広い教育機関を対象とし、研究・産業については IT が関係する人と組織を対象とする。

また、世界的に持続可能とするために不可欠なオープンな考え方と活動を推進するためにオープンソースを展開する。現在、公平な IT 環境を支えているオープンソースは難しい状況にある。例えば、Java、Wikipedia、Firefox、Thunderbird などオープンソースを無償で提供していたサービスは積極的な募金を呼び掛けている。

この状況に鑑みて、2020 年 4 月頃から有志に声がけして、活動体制を組み立てており、本格的な活動は始まったばかりである。ここまでの全体的な会議で議論された全容を以下に述べる。

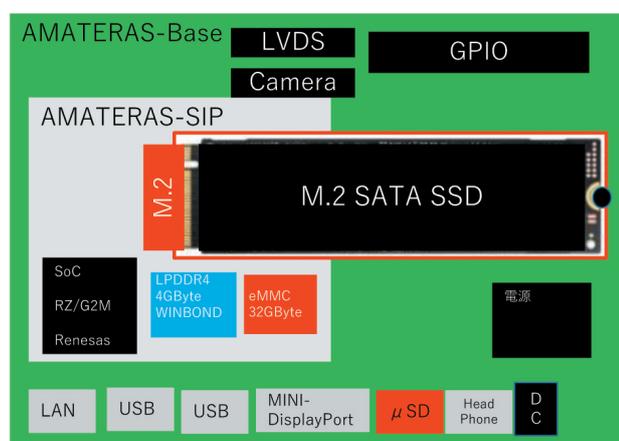
4.2 プロジェクト AMATERAS 全体の構成

4.2.1 全体の構成

教育を主とした STEP 1 から順次 STEP 5 までで構成される。

開発する小型PCのハードウェアのブロック図と本体イメージを図2、3に示す。STEP1は、ポータブルPCとして、サイズ130x110x25mm、SSD(～2Tbyte)、モニタは既存のTV、ディスプレイを使用するが、スマホやタブレットも使える。

ベース基板を各ステップで共通に使い、SIP(Session Initiation Protocol)をステップに応じて組み替える。基板とSIPのバリエーションを組み合わせることにより、用途の汎用性が生まれる(図



ストレージ μSD、eMMC、SSD(M.2接続)
起動優先(デフォルト値)は、μSD>eMMC>M.2
RAM LPDDR4 4GByte

図2 ハードウェアのブロック図

※SSD内蔵可能で、大容量ストレージ



約130mm

図3 ハードウェア本体のイメージ図

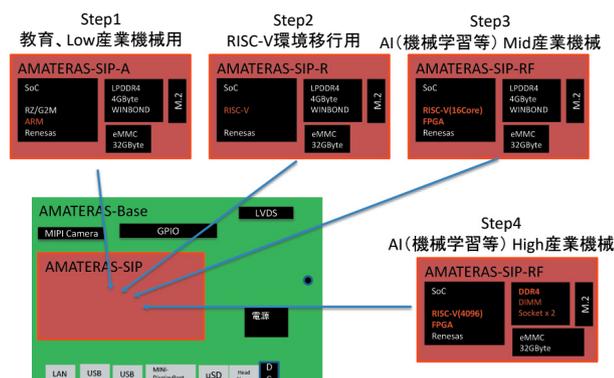


図4 AMATERAS-SIPのバリエーション

4参照)。SIP、ベース基板の回路図、ガーバーデータ、部品表はすべて公開する。

現在普及している Raspberry Pi と、計画時点で比較した性能を表1に示す。STEP1では Armを採用するが、STEP2以降では RISC-Vを採用する。これによりライセンス料が不要となる。

ソフトウェアについては、OSはLinuxとAndroid、アプリケーションとしては、Libre Officeを採用する。いずれもオープンソースであり、教育に必要なIT環境を実現できると考えている。アップデート費用などが掛からず、セキュリティ・パッチを適用することにより、安定したソフトウェア管理が行える。ソースコード、開発環境を公開し、日本語のサポートページも用意する。

ブラウザについては、Chrome、Firefoxなどが使用できる。言語は、C、C++がLinuxに標準で付いている。

教育においては、研修プログラムを準備中である(後述4.2.3)。

表1 AMATERASで開発する小型PCと現在普及しているRaspberry Piとの比較

| | RaspberryPi 4 | AMATERAS-01 | AMATERAS-02 | AMATERAS-03 | AMATERAS-04 |
|-----------------------|---|--|---------------|--------------|----------------|
| CPU | ARM64 x 4 | ARM64 x 6 | RISC-V64 8~10 | RISC-V64 10~ | RISC-V64 1024~ |
| ストレージ | uSD | uSD/32GByte eMMC/M.2 SATA SSD トリプルストレージ | | | |
| RAM | LPDDR4 4GByte | DDR4 8G or 16G | | SODIMM x 2 | |
| FPGA | × | × | × | ○ | ○ |
| GPIO | GPIO UART I2C SPI I2S PWM など | | | | |
| 産業利用 | ×(※1) | ○ | ○ | ○ | ○ |
| IOの拡張 | △ SIP及びBase基板は完全仕様公開 GPIO40ピン接続 学校や企業で独自設計・開発・販売可能 | | | | |
| CAMERA, Display (DSI) | RaspberryPi互換 | | | | |

赤字は優れている項目

※1 RaspberryPi CMは、産業利用可能だが、周辺が一切搭載されていない。

表2 5つのSTEPのゴール

| | ゴール | 備考 |
|-------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| STEP1 | 教育用 将来を見越したフレームワークの構築 | GIGA スクールへの対応 |
| STEP2 | RISC-V化 | GIGA スクール、研究・産業への対応 |
| STEP3 | FPGA内蔵 | 汎用性のある高機能化 |
| STEP4 | 1000コアを超えるSoCの実現 | HPC (High Performance Computing)への対応 |
| STEP5 | スーパーコンピュータ、放射光施設等の支援、量子コンピュータの実現への支援 | HPC への対応 |

4.2.2 5つのSTEP1~5について

現時点で議論されている各ステップについて、それぞれのゴールを表2に示す。

1) STEP1

10~20年程度の将来を見越した活動のフレームワークを構築する。例えば、普遍的な開発言語の採用や、限界性能測定によるボトルネックの抽出と次世代へ向けた対策などを行う。

STEP1における実機は、主として教育用に使われることを考えている。教材の開発も合わせて行う。例えば、遠隔授業システムへの組み込み(後述4.2.4)やPythonの開発環境構築によるプログラミング学習である。

2) STEP2

RISC-Vを採用し、拡張命令についての検討を、MMUや割り込みコントローラなどマルチコア対応、帯域問題対応などについて行う。

STEP1~2までは、教育一般と産業・研究の基本的なニーズに対応する。エッジ・コンピューティングにも使えると考えられる。

また、安定的な供給のために、部品終息対応として、後継部品での設計変更を行う。

3) STEP3

FPGAを内蔵して、多様性の確保を目指す。主として産業・研究のより高度なニーズに対応する。例えば、LSIにて処理を行う事による超高速リアルタイムAI処理や、画像処理、センサ処理による高速処理を実現する。電動自動車の繊細モータ制御、回生ブレーキなどへの対応を目指す。

4) STEP4

1000コアを超えるSoCの実現を目指している。バスボトルネックへの対応やマルチバスアーキテクチャによる帯域の分散化などが必要となってくる。

なお、STEP2~3で育成した人材を活用するが、産学の関係機関との連携が必要である。

5) STEP5

さらに多くの4096コアあるいは量子コンピュータの実現に寄与することを目指す。STEP4での連携の枠組みを活用する。

4.2.3 人材育成について

持続的な活動のためには、開発・製造・維持・管理を行う人材が必要である。日本におけるIT人材の不足が続いている中⁶⁾、LSI設計者もまた少ないと言われている。

産業界が必要としている電気・電子・情報系の人材については、例として、紙幣・硬貨整理機ができるまでの過程とスキルについて図5に示す。

スキルについては;

- 1) ロジック回路が分かる
 - 2) アナログ回路が設計できる
 - 3) プログラミングができる
 - 4) OSが理解できている
 - 5) ドライバソフトを実装できる
- が挙げられる。

ここでは、15~22歳の技術者を毎年約1万名輩出する高専を対象としての研修プログラムを提案する。

高専は中学校卒業生が入学する準学士課程5年、続く専攻科課程2年からなり、前者について

表3 舞鶴高専電気情報工学科の科目の内でAMATERAS利用が可能な科目

| | | | |
|--|---|--|--|
| 防災リテラシー 電気情報概論 電気回路 電気基礎 情報基礎 メディアリテラシー 交流回路 交流回路II C言語 電気情報工学実験I A 電気情報工学実験I B 情報数学 回路理論 電気磁気学I 電気磁気学II アナログ回路 デジタル回路 アナログ信号処理I アナログ信号処理II インターフェースI インターフェースII | C言語実習 数値解析実習 電気情報工学実験II A 電気情報工学実験II B 情報理論 応用物理I 応用物理II 建築論I 環境工学I A 環境工学I B 数値解析I 応用数学I A 電気磁気学III デジタル信号処理 電子工学I 電子工学II 論理回路 通信工学 電気情報工学実験III A 電気情報工学実験III B インターフェースII | 創造工学 工学基礎研究 インターンシップ インターンシップ ネットワーク論I 数値計算法 ネットワーク論II 電気機器I 電気機器II デジタル電子回路 応用数学I A 応用数学I B 応用数学II A 応用数学II B システム工学 計測概論 建築論I 応用測量学I 建設振動学 耐震工学 電気情報工学実験IV A 電気情報工学実験IV B 卒業研究 インターンシップ インターンシップ | エネルギー工学I エネルギー工学II 制御工学I 制御工学II 半導体工学 オペレーティングシステムI オペレーティングシステムII 伝送工学 画像計測 画像処理 シミュレーション工学I シミュレーション工学II 工業英語 情報システム論 情報学 マリンエンジニアリング 電子物理 |
|--|---|--|--|

青字がアマテラスが利用できる授業

表4 舞鶴高専電子制御工学科の科目の内でAMATERAS利用が可能な科目

| | | | |
|--|---|---|--|
| 防災リテラシー 電気基礎I 電気基礎II メカトロニクス演習I メカトロニクス演習II 情報基礎 電子工学I 電子工学II 製造基礎 プログラミングI 電子制御実習 電子回路I 電子回路II 力学II 水力学I 熱力学I 計算機工学I 制御工学I CAD演習I A | CAD演習I B 電子制御実験 情報処理IV 応用物理I 応用物理II 力学I 材料力学I 建築論I 環境工学I A 環境工学I B 数値解析I 電気磁気学I 電気磁気学II 計測工学I 振動工学I 制御工学II 制御工学III 創造設計プロジェクト 応用測量学I 建設振動学 機械工学実験 インターンシップ | インターンシップ 熱力学II 数値計算法 電気機器I 水力学II 電気機器II ロボット工学I 通信工学 デジタル電子回路 応用数学I A 応用数学I B 応用数学II A 応用数学II B システム工学 計測概論 材料力学II 建築論II 応用測量学I 建設振動学 耐震工学 振動工学II | CAD演習II A CAD演習II B CAD演習II C 制御工学実験 卒業研究 インターンシップ インターンシップ 論理回路 システム制御I システム制御II 計測工学II ロボット工学II アクチュエータ工学 電気画像計測 画像処理 シミュレーション工学I シミュレーション工学II 技術英語 情報学 マリンエンジニアリング 電子物理 |
|--|---|---|--|

青字がアマテラスが利用できる授業

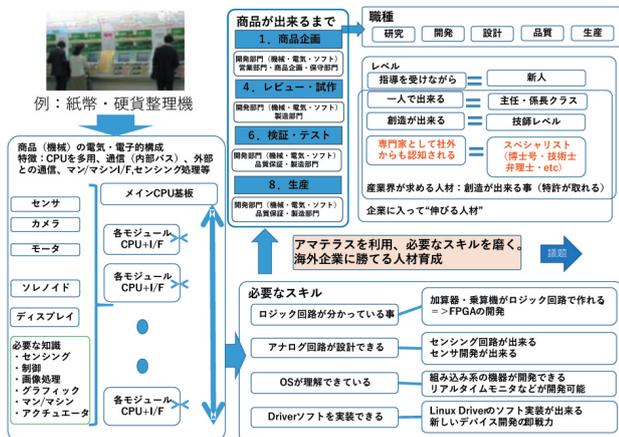


図5 製品の開発・製造と人材のスキル

はモデルコアカリキュラム (MCC、Model Core Curriculum) の中で、情報系で習得すべき内容がミニマムとして列挙されている⁷⁾。

各高専は MCC を参照して、カリキュラムを設計しシラバスを作成して講義・実習を行っている。例として、舞鶴高専の電気情報工学科⁸⁾と電子制御工学⁹⁾の科目構成において、AMATERAS が利用できると思われる授業を表3、4に示す。これらを通じて、技術者としてのスキルを修得することが可能と考えている。

AMATERAS においては、STEP1 において教育用の小型 PC を開発するが、前出の科目内容に合わせた仕様を策定して、プロトタイプを高専に提供して、使用によるフィードバックを得て改良に結び付ける。

高専の教員は教育と共に研究も行っている。卒業研究・専攻研究で、研究・産業を対象とした STEP2~3 の小型 PC を使用する際に、IT 人材を育成することができる。IT に携わる他機関と共に、この人材を活用して STEP4 以降に進むことを目指す。

4.2.4 遠隔授業について

コロナ感染症のために、世界的に遠隔授業が行われている。一方、実験・実習では、設備・機器を用いた対面形式が必要であり、今後はハイブリッド型の授業に移行する可能性が大きく、これを実現するシステム構築が必要である。

遠隔授業システムは；

- 1) PC、オーディオなどのハードウェア
- 2) 文書作成、科学技術計算などのソフトウェア
- 3) ルータ、ネットワークなどの通信機器、
- 4) 授業コンテンツなどのデータ・ストレージから構成される。

STEP1 で開発した小型 PC を組み込んだ授業システムは、今後、企業研修や国際会議を初めとして、コミュニケーションの手段として幅広く使うことができる。

4.3 IT 基盤の構築のための活動

4.3.1 活動体制

小型高性能 PC の設計・製造には、高度なノウハウと多額の経費が必要であり、持続するためには人材育成を合わせて考えねばならない。そのためには産学民の連携が必要であるが、過去に同様のプロジェクトが不調に終わっていることから、非営利の組織が全体を統括するように NPO 法人 AMATERAS を設立中である。

これまでの活動としては、NPO 法人日本アンドロイドの会 OSAWG⁹⁾、国立高専の高専研究ネットワーク「高専に適した研究・学習用小型コンピュータボードの研究ネットワーク」¹⁰⁾が 2020 年 4 月頃から協働している。教育、研究、産業の関係者約 20 名から構成されており、これらの 3

つに応じた WG と仕様を策定する WG が設置されている。

4.3.2 運営方法

大きな流れとしては、まず使用者が使い方や必要とする性能を提示して、仕様の策定が行われる。次に設計・製造した小型 PC を現場で使用して頂いて、フィードバックを得て改良に結び付ける。参加各組織と活動の範囲を図 6 に示す。

小型 PC は、まず教育、次に産業・研究を対象と考えているが、すべての WG で情報共有して意見を取り入れながら進める。産業、研究用の開発の際には、関連する組織とより広く連携する必要がある。現時点で考えられる AMATERAS の教育・研究・産業での役割を、仕様策定 WG を含めて表 5 に示す。

製造については、国内で企業のアライアンスを構築して EMS(Electric Manufacturing Service) と同様の PMS(Product Manufacturing Service) を北近畿地域で構築するための活動を京都府の産業振興局と進めている。これによる国内での安定した供給の道筋を考えている。

4.3.3 情報の展開について

現時点でのインターネット上の情報は、HP¹⁰⁾と Wiki¹¹⁾により行われている。OSAWG の高専研究ネットワークの既存のチャンネルと共に、設立する NPO がそれぞれ情報を展開する。例えば、2020 年 11 月 21 日に、日本 Android の会が主催して、Android Bazaar and Conference Diverse 2020 Autumn¹²⁾において、デジタル改革担当大臣、総務省総務審議官ほかの基調講演と合わせて、共著者 2 名が OSAWG 代表として AMATERAS についての基調講演、福井支部長として講演を行った。資料も掲載されているので参照されたい。

また、口頭発表・講演、論文については各組織の定期的会議や関連学協会誌のほか、国内外の国際会議 (例えば、高専では ISTS¹³⁾、ISATE¹⁴⁾など) などで発表する予定である。

| | 設計 | 製造 | 販売 | 使用 | 管理 | 廃棄 |
|-------|----|----|----|----|----|----|
| STEP1 | | | | | | |
| STEP2 | | | | | | |
| STEP3 | | | | | | |
| STEP4 | | | | | | |
| STEP5 | | | | | | |

参加組織の主な活動範囲

- NPO AMATERAS
- 高専研究ネットワーク「高専に適した研究・学習用小型コンピュータボードの研究ネットワーク」
- NPO 日本 Android の会 OSA-WG
- 独自あるいは外部の資金による個別のプロジェクト
個別プロジェクトは、内容に応じたネットワーク組織となり、各WG間で情報共有する。

図 6 参加各組織の活動範囲

表5 AMATERAS の教育・研究・産業での役割

| | 教育WG | 研究WG | 産業WG | 仕様策定WG |
|-------|--------------------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------|
| STEP1 | ・高専低学年授業 ・小中学校・高校の授業 | ・高専卒業研究・専攻研究 | 産業機器の制御 ポータブルPC タブレット、スマホ | ARM |
| STEP2 | ・高専卒業研究・専攻研究 | ・高専研究者 ・企業との共同研究 | 産業機器の制御 ポータブルPC タブレット、スマホ | RISC-V ARMはライセンス料が高い |
| STEP3 | ・高専卒業研究・専攻研究 FPGA (AI、画像音声) | ・高専研究者 ・企業との共同研究 | ポータブルPC タブレット、スマホ | RISC-V |
| STEP4 | ・高専卒業研究・専攻研究 スパコン1Node規模 | ・高専研究者 ・企業との共同研究 | | RISC-V |
| STEP5 | | ・高専研究者 | | 量子コンピュータ |

5. おわりに

高性能な小型汎用 PC を開発・製造して、人材育成を含めた持続的な IT プラットフォームを構築するプロジェクト AMATERAS の立ち上げと現状について述べた。

日本と取り巻く現状と IT プラットフォームについての考え方をまとめて、小型 PC の性能と役割などを 5 つのステップに分けた上で、人材育成について、高専を例として示している。

現在、NPO AMATERAS を設立するとともに、幾つかの助成申請を行っている。また、小型 PC の製造については、京都府中丹広域振興局¹³⁾の支援を頂いて、北近畿地域に PMS (Product Manufacturing Service) として、名称「北京都 PMS」のアライアンスを構築中である。

謝辞：本プロジェクトを進めるにあたり、NPO 日本アンドロイドの会 OSAWG のメンバーおよび高専研究ネットワーク「高専に適した研究・学習用小型コンピュータボードの研究ネットワーク」のメンバーの方々には、貴重なご意見を頂きました。ここに厚く謝意を表します。

参考文献

- 1) 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 (Plus-DX) ロジックモデル①②、https://www.mext.go.jp/content/20201014-mxt_kaikesou02-000006043_2_09.pdf、(2020 年 10 月 14 日)
- 2) 一般社団法人日本経済団体連合会イノベーション委員会、EdTech 推進に向けた新内閣への緊急提言～With/Post コロナ時代を切り拓く学びへ～ (概要)、<https://www.keidanren.or.jp/policy/2020/082.html>、(2020 年 9 月 18 日)
- 3) 文部科学省、GIGA (Global and Innovation Gateway for All) スクール構想の実現へ、https://www.mext.go.jp/content/20200625-mxt_syoto01-000003278_1.pdf、(2020 年 11 月 13 日)
- 4) 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構国立情報学研究所、<https://www.nii.ac.jp/event/other/decs/>、(2020 年 11 月 15 日時点)
- 5) IchigoJam 公式サイト、<https://ichigojam.net/>、(2020 年 11 月 16 日時点)

- 6) 独立行政法人情報処理推進機構 (IPA) 社会基盤センター、IT 人材白書 2020、(2020 年 8 月 31 日)
- 7) 国立高等専門学校 モデルコアカリキュラム、<https://www.kosen-k.go.jp/Portals/0/MCC/mcc2017all.pdf>、(2020 年 11 月 21 日時点)
- 8) 高専 Web シラバス、舞鶴工業高等専門学校 電気情報工学科、https://syllabus.kosen-k.go.jp/Pages/PublicSubjects?school_id=26&department_id=12&year=2020&lang=ja、(2020 年 11 月 25 日時点)
- 9) 高専 Web シラバス、舞鶴工業高等専門学校 電気情報工学科、https://syllabus.kosen-k.go.jp/Pages/PublicSubjects?school_id=26&department_id=13&year=2020&lang=ja、(2020 年 11 月 25 日時点)
- 10) 情報公開先 HP、<http://amateras.tech/>、及び <http://osawg.android-group.jp/>、(2020 年 11 月 22 日時点)
- 11) 情報公開先ウィキペディア、<http://osawg.android-group.jp/wiki/index.php/>、(2020 年 11 月 22 日時点)
- 12) Android Bazaar and Conference Diverse 2020 Autumn、<https://japan-android-group.connpass.com/event/192378/>、(2020 年 11 月 25 日時点)
- 13) 京都府中丹広域振興局、<https://www.pref.kyoto.jp/chutan/>、(2020 年 11 月 25 日時点)

註

- i) NPO 日本 Android の会は、Android に興味を持つ人が集まるユーザーコミュニティであり、Android の普及を促進し、ビジネス系、技術系、デザイナー系の人たちに対して Android の注目度を上げることを目的としている。OSAWG はその中の WG の一つである。URL: <http://www.android-group.jp/>(2020 年 11 月 24 日時点より)。
- ii) 高専研究ネットワークとは、高専機構本部の研究推進・産学連携本部が募集した、高専教員および産官民からのメンバーからなるネットワークである。趣旨としては、複数のキャンパスや組織で、より広域な活動を目指している。
- iii) ISTS (International Seminar on Technology for Sustainability) は、高専機構が包括的学術交流協定を締結している海外の高等教育機関と連携し、学生の英語コミュニケーション能力の向上、グローバルリーダーシップの育成及び国際感覚の養成を目的として、2011 年度から海外で実施している学生主体の国際セミナーであり、2016 年度より ISTS の活動を効果的に推進するために、国内において JSTS (Japan Seminar on Technology for Sustainability) というセミナーを ISTS に先立って開催している。双方ともに学生の参加が多い。URL: <https://www.kosen-k.go.jp/about/global/ists/>、(2020 年 11 月 24 日時点)
- iv) ISATE (International Symposium on Advances in Technology Education) は、学術交流協定を締結するシンガポールのポリテクニク 5 校、香港職業訓練協議会と共催される国際シンポジウムである。本シンポジウムでは総合的・多角的視点から工学教育のさらなる発展を目指し、実践技術者工学教育に関する議論や情報交換が行われる。教員の参加が多い。URL: <https://www.kosen-k.go.jp/about/global/isate/>、(2020 年 11 月 24 日時点)

(2020.12.11 受付)

The Project AMATERAS (Advanced Massive Architecture of Technology, Education and Research Accelerating System) to Construct IT Platform

UTSUMI Yasuo*, SUZUKI Naoyasu, NAKAGAWA Chikara
INOUE Takashi and FUKUNO Taisuke

*Corresponding author: y.utsumi@maizuru-ct.ac.jp

Abstract: The project AMATERAS is aimed to design, develop, and manufacture high-performance compact general-purpose PCs as devices that support IT infrastructure, in order to continuously supply IT devices that support the IoT society in Japan for the future.

This paper describes the current state of small PCs in Japan and overseas, the concept of IT platforms in Japan, the five steps of project AMATERAS, human resource development, distance learning, systems for activities, and publicity.

The spread and deployment of the developed small PC will enable stable activities in education, industry, and research. In addition, by conducting training programs for human resource development from young people such as elementary and junior high schools, high schools, vocational schools, and technical colleges. Through these activities IT engineers who will support the next generation can be developed.

Key words: small high-performance PC, IoT, SOCIETY5.0, domestic stable supply, sustainability,
human resource development

計算モデルを利用した 3 次元照明システムの ON/OFF パターン制御

ON/OFF Pattern Decision of Three-dimensional Lighting System Using a Calculation Model

室巻孝郎¹・南裕樹²

Takao MUROMAKI and Yuki MINAMI

1. はじめに

オフィスを想定した環境などにおいて、業務内容や執務者の好みに合わせて柔軟な調光制御を行う知的照明システム¹⁾が提案されている。知的照明システムとは、執務者が設定した目標照度を実現するように、照明の調光を個別に行う分散制御システムである。知的照明システムは、調光可能な照明器具、照明制御装置、照度センサなどを備えたシステムとして構成される。照度センサの情報をフィードバックしながら、必要な場所に必要なだけの照度を提供可能となっており、執務者の知的生産性向上につながることを期待される。また、神ら²⁾は照度センサ搭載型 LED 照明を用いた調光システムを提案しており、外部コントローラを必要としないコンパクトな構成としている。その他、外村ら³⁾は鉛直方向に移動可能な照明器具を用い、照度センサを設置した場所に希望する照度を提供する知的照明システムを提案している。

従来の照明システムは、対象とする面に所望の照度を提供するシステムであったが、本研究では、鉛直方向に移動可能な照明器具を用いて 3 次元空間内の所望の場所に必要なだけの照度を提供する照明システムを提案する。著者らはこれまでに、進化型計算を用いたセンサレスの点灯制御手法⁴⁾を実装していたが、照明の個数が増えると計算量が増大し、解を得るまでに多くの時間を要する、あるいは解の精度が低下するという問題があった。一方、著者らは照度センサを用いずに 2 次元の床面に所望の照度分布を実現する照明の ON/OFF パターン決定手法⁵⁾を提案している。この手法は、計算負荷の少ない反復アルゴリズムとなっており、照明の個数が増加しても急激な計算量の増加は無いという特長を有している。そこで、従来の ON/OFF パターン決定手法を、3 次元空間内で照明を移動可能なシステム（以下、3 次元照明システムと呼ぶ）に適用することで、3 次元空間内の各照明の ON/OFF 制御を行う。

2. 3 次元照明システム

本研究で対象とする 3 次元照明システムの概要について説明する。図 1 に 3 次元照明システムの概念図を示す。各照明は天井から吊り下げる形で取り付けられており、吊り下げているケーブルの長さを調節することにより、空間内の照明高さを指定することができる。ただし、空間を格子状に分割したグリッド内に LED 照明を配置するものとする。また、LED 照明は床面を照らすのではなく、配置された場所から全方位に照度を提供する。図 1 中の白丸は ON（点灯）の照明、黒丸は OFF（消灯）の照明を表している。

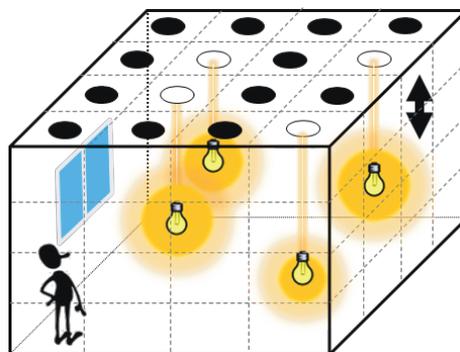


図 1 3 次元照明システムのイメージ図

3. ON/OFF パターン決定問題と計算モデルを用いた ON/OFF パターン決定アルゴリズム

3.1 問題設定

事前に与えられた目標照度の分布（以下、目標照度分布と呼ぶ）に対し、各 LED 照明の ON/OFF パターンを決定するための問題設定について述べる。空間内に N 個の LED 照明が配置されるとする。空間内の位置を p で表し、その位置における照度を $\phi(p)$ と表記する。事前に設定された目標照度分布は 256 階調グレースケールで表されるものとし、各位置の照度を読み取ることにより、目標照度が与えられる。なお、照度は $[0, 1]$ に正規化されている。

一方、LED 照明の ON/OFF パターンが決まれば、式(1)に示す配光モデル（照明の中心位置の照

1 舞鶴工業高等専門学校 機械工学科 准教授

2 大阪大学大学院 工学研究科機械工学専攻 准教授

度と中心からの距離 s に応じて照度を決定するモデル)に基づいて各位置の照度を算出する。

$$f_i(s) = \alpha \exp\left(-\frac{s^2}{\beta}\right) \quad (1)$$

ここで、添え字 i は照明の番号を表している。係数 α は最大照度、係数 β は照度の拡散度合い(距離に応じて照度がどの程度減衰するか)を表しており、予備実験により決定する定数である。各照明の点灯により作成される照度分布 f_i を重ね合わせることで空間内の照度分布が形成される。配光モデルに基づいて算出された位置 p における照度を $\psi(p)$ と表記し、次式で定義する。

$$\psi(p) = \sum_{i=1}^N f_i \quad (2)$$

なお、 i 番目の LED 照明の ON/OFF パターンを表す変数を $z_i \in \{0,1\}$ とする。 $z_i = 1$ が ON (点灯) 状態、 $z_i = 0$ が OFF (消灯) 状態に対応する。

以上より、目標照度分布と等しくなるように各照明の ON/OFF パターンを決定するという問題は、目標照度分布 ϕ と照明の ON/OFF により作成される照度分布 ψ との差が最小となるように ON/OFF パターン z_i を決定する問題として、次式で定式化される。

$$\begin{aligned} &\text{minimize} && J = \|\phi - \psi\| \\ &\text{with respect to} && z_i \ (i = 1, \dots, N) \end{aligned} \quad (3)$$

式(3)の問題は照明の個数 N に応じて設計変数が増加する。また、ON/OFF パターンは離散値であるが、照明の位置は連続量となっており、離散量と連続量が混在する最適化問題となっている点に難しさがある。本研究では、照明の位置を離散値として扱うことで、問題を緩和する。そのため、照明を配置する候補地点をあらかじめ設定した計算モデルを与える。さらに、ネットワークモデルを導入することで、問題の近似解を効率よく求めるアルゴリズムを提案する。

3.2 計算モデル

本研究で数値計算を行う際に使用する 3 次元照明モデルを図 2 に示す。120×120×100 の空間内に、LED 照明を配置する候補地点を 5×5×4=100 個用意した。左右の間隔は 25、上下の間隔は 30 空いている。各候補地点において LED 照明の ON/OFF を決定する。なお、同じ縦の列に位置し、高さが異なる照明が同時に ON (点灯) になることを許容する。

センサレスの ON/OFF パターン決定アルゴリズムを実行する際に必要となるネットワークモデルについて説明する。これは、数値計算を行う際に使用する仮想的なものであり、事前に与えられる目標照度分布に対し、照明が ON あるいは

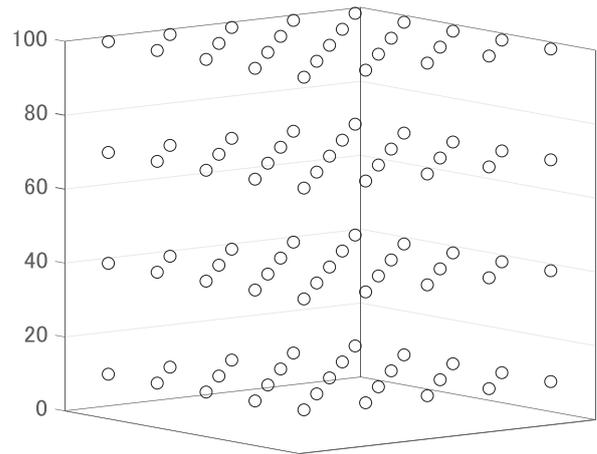


図 2 3次元照明システムの計算モデル

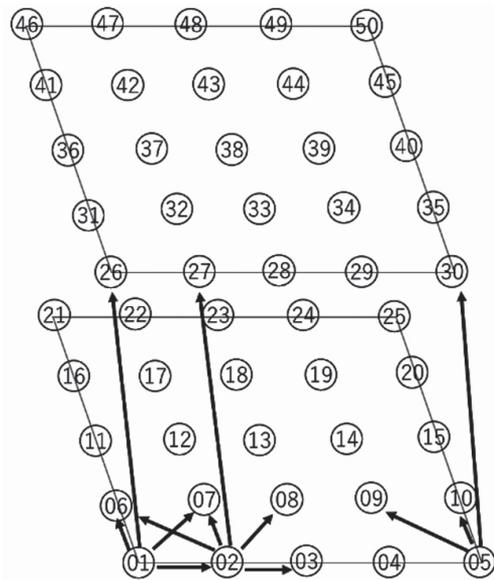


図 3 ネットワーク構造 (一部)

OFF の場合に生じる照度の過不足を近傍の照明に伝達する役割を果たす。ネットワークモデルは設計者が自由に設定することができ、事前に与えるものである。ネットワーク構造の例を図 3 に示す。丸数字は計算モデルにおける照明番号、矢印は照度の過不足情報を伝達する方向を示している。たとえば、1 番の照明は 2、6、7、26 番の照明に照度の過不足情報を伝達する。

3.3 ON/OFF パターン決定アルゴリズム

ON/OFF パターン決定問題(3)は、各照明の ON/OFF パターン z_i についての組み合わせ最適化問題となっている。原理的には、すべての ON/OFF パターンを調べることでより最適な ON/OFF パターンを見つけることができるが、計算に多くの時間を要することになる。本研究では、ネットワーク構造を活用した反復アルゴリズムを用いて ON/OFF パターンを決定する。このアルゴリズムでは、ある照明で生じた目標照度との差を、ネットワークを通して伝達することにより、

その近傍の照明が照度の過不足を補うことで全体として誤差の影響を小さくする。

反復アルゴリズムは以下のように与えられる。

$$\begin{cases} x_i(k+1) = \phi(p_i) - \sum_{j \in N_i} a_{ij} \{z_j(k) - x_j(k)\} \\ z_i(k) = Q(x_i(k)) \end{cases} \quad (4)$$

ここで、 x_i は補正された目標照度を表す変数、 k は反復ステップ数、 N_i は照明 i に過不足情報を反映させる照明の集合、 Q は $[0,1]$ の実数値を0か1に四捨五入的に丸める量子化の操作を表している。 $(z_i - x_i)$ は、照度の過不足情報であり、近傍の照明からネットワークを介して伝達された過不足情報に重み a_{ij} をかけて足し合わせた量と目標照度 ϕ との差により次の状態を決定する。重み a_{ij} は次式で与えられる。

$$a_{ij} = \frac{\exp(-\|p_i - p_j\|)}{\sum_{l \in \Gamma_i} \exp(-\|p_i - p_l\|)} \quad (5)$$

ここで、 p_l は l 番目の照明の位置、 Γ_i は照明 i から情報を受け取る照明の集合を表している。この集合は、予め与えられるネットワーク構造(どの照明同士で情報の伝達を行うか表すもの)によって決まる。ネットワーク構造は、設計者が自由に決められるものであるが、上記のアルゴリズムが効果的に動作するためには、すべての照明が通信路で接続されている(孤立した照明が無い)状態で、かつ単方向となっていることが望ましい。また、式(5)の形で重み係数を決定することにより、距離が近い照明ほど誤差の影響を受けやすくなり、距離が近い照明同士で過不足を補うようにしている。

このアルゴリズムの特長は、計算がシンプル且つ計算量が少ないことである。3次元照明システムのように、照明の数が多くなったときのメリットが大きいといえる。

4. 計算例

図2に示した3次元照明システムのON/OFFパターン決定例を紹介する。目標照度分布として図4に示す分布を使用する。この分布は、空間内に2つ明るい部分が存在する分布である。各領域内で段階的に目標照度に変化しており、数値で目標照度を示している。なお、空間内で照度が指定されていない所の照度は0とする。

照度の過不足情報を伝達するネットワークは図3に示したものを使用する。ただし、ネットワーク構造の一部を示したものとなっており、図2に示した4つの層の内、一番下の層と下から2番目の層を示している。各照明は自分と隣接しており、自分より大きな番号の照明に情報を伝達す

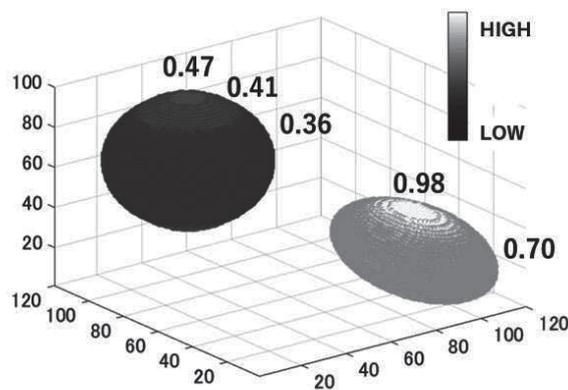


図4 目標照度分布

る。なお、同一平面内であれば対角線上に位置する照明も隣接しているものとして扱う。たとえば、2番の照明は3, 6, 7, 8, 27番の照明に過不足情報を伝達するので、 $\Gamma_2 = \{3,6,7,8,27\}$ となる。また、一番上の層の照明については、同一平面内で隣接する照明のみに過不足情報を伝達する。ON/OFFパターン決定アルゴリズムの反復回数は10回とし、補正された目標照度を表す変数 x_i の初期値はすべて0とする。

提案アルゴリズムを用いて点灯パターンを決定した結果を図5に示す。図中の○で示した照明はON(点灯)、×で示した照明はOFF(消灯)を示している。9, 10, 15, 62番の照明がON(点灯)になっており、図2に示した目標照度分布内の2つの明るい部分に対応した照明がON(点灯)になっていることが分かる。一方、ネットワーク構造を利用せず(式(4)において係数 a_{ij} をすべて0とおいた場合)、単純2値化の手法を用いてON/OFFパターンを決定した結果を図6に示す。9, 10, 15番の照明がON(点灯)となっており、片方の部分に対応する照明しかONになっていないことがわかる。

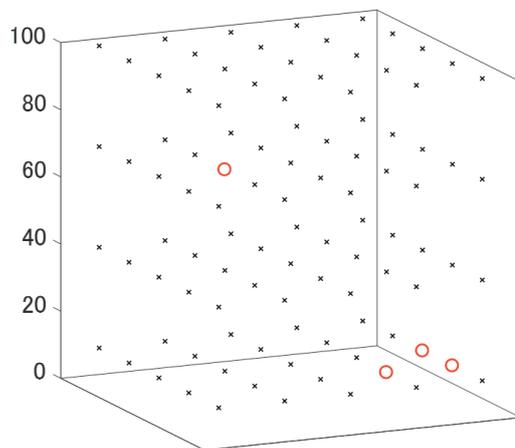


図5 ON/OFFパターン(ネットワーク構造あり)

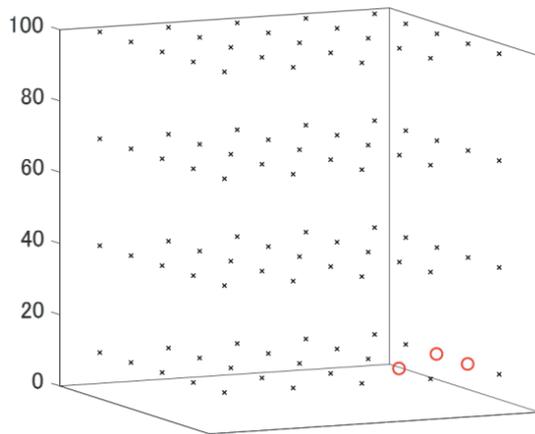


図6 ON/OFF パターン (ネットワーク構造無し)

提案手法と単純 2 値化手法の結果について、目標照度分布との差の評価を行う。式(1)の配光モデルにおいて、 $\alpha = 1$ 、 $\beta = 0.25$ と設定し、 $120 \times 120 \times 100$ の領域を 10 刻みで照度の評価を行うものとする。式(3)の J の評価にはフロベニウスノルムを使用した。提案手法については、 $J = 4.077 \times 10^3$ 、単純 2 値化の場合は $J = 4.089 \times 10^3$ となり、提案手法の方が差が小さくなる結果が得られた。

5. おわりに

本研究では、ネットワーク構造を利用した 3 次元照明システムの ON/OFF パターン決定手法について述べた。センサを使用せず、目標照度との過不足情報を伝達して各照明の ON/OFF パターンを決定するアルゴリズムを提案した。計算例に

より、与えられた目標照度分布に対応する ON/OFF パターンが得られることを確認するとともに、ネットワーク構造を利用しない単純 2 値化の ON/OFF 決定法と比べて誤差を小さくすることができた。

今後は、ネットワーク構造の違いが ON/OFF パターン決定に与える影響について調査する。また、3 次元照明システムにおいて同じ縦の列に照明を配置できない場合などの制約を想定した問題の定式化を行う。

謝辞:本研究は JSPS 科研費 18K18324 の助成を受けたものである。ここに謝意を示す。

参考文献

- 1) 三木, 廣安, 今里, 池田: 知的照明システムの提案および制御方式の有効性の検証, 日本機械学会第 14 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, 04-38, 55/58 (2004)
- 2) 神, 小林, 栗山: 照度センサ搭載型 LED 照明を用いた自律分散型調光制御, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム, 1684/1689 (2013)
- 3) 外村, 三木, 川田, 間: 鉛直方向に移動可能な照明を用いた知的照明システムの検証, 同志社大学ハリス理化学研究報告, Vol.57, No.1, 18/25 (2016)
- 4) 室巻, 辻, 南: 三次元照明システムの製作と点灯制御, 舞鶴工業高等専門学校紀要, Vol.53, 19/22 (2018)
- 5) 室巻, 南, 徳永: 分散型 LED 照明システムの照度パターン制御実験, 設計工学, Vol.51, No.2, 118/126 (2016)

(2020.12.11 受付)

ON/OFF Pattern Decision of Three Dimensional Lighting System Using a Calculation Model

Takao MUROMAKI* and Yuki MINAMI

*Corresponding author: t.muromaki@maizuru-ct.ac.jp

Abstract: In this paper, we propose an ON/OFF pattern decision method for a three-dimensional lighting system. The three-dimensional lighting system is composed of multiple LED lighting units that can be arranged in the space. Each LED lighting unit is placed in a box created by dividing the space into grids. This discretized model is called a calculation model. We introduce a virtual network model to communicate the excess and deficiency of illuminance. The ON/OFF patterns are determined to supply an illuminance distribution similar to a desired one.

Figure 1 shows an example of the desired illuminance distribution. There are two bright areas. The displayed illuminance is normalized between [0, 1]. Figure 2 shows the ON/OFF pattern obtained by the proposed algorithm. The LED lights are turned on in two areas corresponding to the bright area in Fig. 1.

Key words: Illuminance distribution, Three-dimensional lighting system, ON/OFF pattern, Optimization

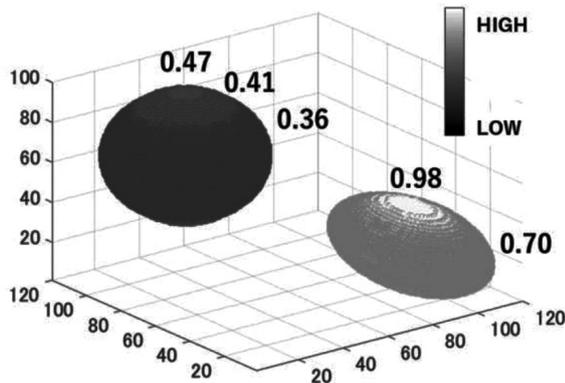


Fig.1 Desired illuminance distribution

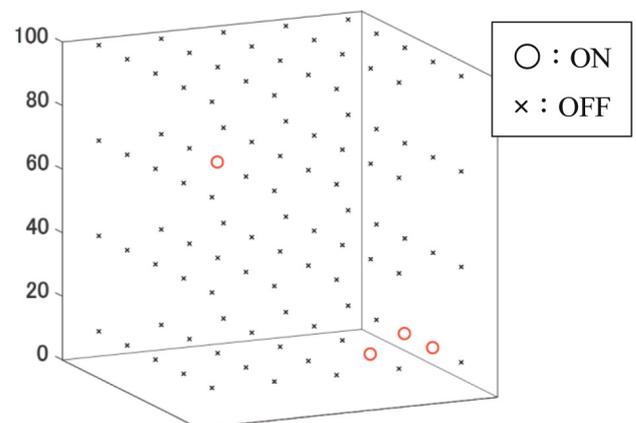


Fig.2 ON/OFF pattern obtained by proposed algorithm

Pt/NiO/Pt 積層構造におけるフォーミング特性分布

Distribution of forming characteristics in Pt/NiO/Pt stack structures

西佑介¹・山中拓弥²
Yusuke NISHI and Takuya YAMANAKA

1. はじめに

フラッシュメモリなる画期的なデバイスが当時東芝社員の舛岡富士雄によって発明されて以降、瞬く間にメモリ業界を席卷していった。さらなる技術革新や大量普及の恩恵で大容量・低コスト化が急速に進み、各種メモ리카ードやオーディオプレーヤーのみならず、従来のハードディスクドライブ(HDD)に比べて大容量・高速動作・高衝撃性を有するソリッドステートドライブ(SSD)が標準搭載されるパソコンも本格的に普及している。しかし、なお進化し続ける高度情報化社会からの要求に、このフラッシュメモリの仕様ですら応えることが困難になってきており、より高速かつ低消費電力を実現する不揮発性メモリの導入が強く望まれている。

こうした次世代不揮発性メモリとして、さまざまな材料や原理を用いたデバイスの研究開発が進んでいる。強誘電体のヒステリシス特性を用いた FeRAM (Ferroelectric Random Access Memory) や磁気スピンを制御する MRAM (Magnetic RAM), カルコゲナイド材料の結晶状態変化を利用する PCRAM (Phase Change RAM)などがその候補として挙げられる^{1),2)}。しかし、いずれも動作原理や加工サイズに起因して一長一短を有し、不揮発性メモリ業界を席卷する程の決め手に欠くのが現状である。

本稿でとりあげる抵抗変化型ランダムアクセスメモリ ReRAM (Resistive RAM)は、抵抗率の高い酸化物を電極で挟むだけの単純な構造から成り、大容量化に適した特長を有する。また、フラッシュメモリに比べて飛躍的な高速・低電力動作が可能となるなど、ReRAM は近い将来のストレージクラスメモリとして十分優れた特徴を有している^{3),4)}。しかし、抵抗スイッチング(RS)現象に関しては、さまざまな材料の組み合わせで多数報告されており、RS で用いる電圧の極性や特性値ばらつきなども多岐に亘っている。そのため、RS 現象のモデルも種々提案されており⁴⁾⁻⁶⁾、個別では適用できても他材料では矛盾が生じることも多い。そのため、ReRAM という用語自体も、材料やRS特性の違いに応じてより細かく分類されてきている状況にすらある。したがって、普遍

的な RS メカニズムが解明されたとはいえない。

二酸化チタン(TiO₂)や酸化ニッケル(NiO)をはじめとする二元系金属酸化物を用いた抵抗変化素子においては、RS 現象が発現するには初期電圧印加であるフォーミングとよばれる急激な低抵抗化過程が必要となることが知られている。フォーミングにより酸化物中にナノメートル径の導電性フィラメントが形成され低抵抗状態となる。その後、電圧印加を繰り返すたびに、このフィラメントの一部の断裂と修復を繰り返すことで、RS 現象が生じると説明される。これはフィラメントモデルとよばれ、二元系酸化物を用いた ReRAM で主に報告されている。このフィラメントの形成は、金属/酸化物/半導体(MOS)の積層構造における酸化膜の絶縁破壊と類似している⁴⁾。

本研究では、この RS 現象の鍵を握るフォーミングに着目し、酸化膜の絶縁破壊で知られるパーコレーションバスモデルに基づいて、NiO を白金で挟んだ Pt/NiO/Pt 積層構造を有する抵抗変化素子のフォーミング特性を統計解析することを試みる。この際、フォーミング特性の素子サイズや印加電圧、素子温度依存を詳細に調べたため、その一部を簡単に報告する。

2. 実験

本実験で用いた Pt/NiO/Pt 積層構造を有する素子の作製手順やフォーミング特性の測定方法は、以下の通りである。

2.1 作製試料

熱酸化膜付 p 型シリコン基板全面に 5 nm 程度の Ti 薄膜と厚さ 60 nm の Pt を DC スパッタリングにより堆積した。NiO 薄膜は、ターゲットとして純度 99.99%の金属 Ni を用いた反応性高周波スパッタリング法により堆積した。スパッタガスとして O₂ と Ar の混合ガスを用い、全圧は 0.6 Pa となるように流量を制御した。堆積した NiO 薄膜の厚さは 50~80 nm である。NiO を堆積した後、メタルマスクを用いて Pt 上部電極を厚さ 20 nm 電子ビーム蒸着した。電極径はメタルマスクの貫通孔と同じ 100~300 μm であり、各素子のサイズはこの電極が占める面積に相当する。つまり、10 mm 角の一つの試料(図 1 に断面図)には、さまざまなサイズの多数の Pt/NiO/Pt 積層構造を有する素子(以後 Pt/NiO/Pt 素子)が存在する。

1 舞鶴工業高等専門学校 電子制御工学科 准教授

2 舞鶴工業高等専門学校 電子制御工学科 5年

2.2 測定方法

下部電極を接地し, 上部電極に一定電圧 V_s を印加する二端子法を用いて, 各素子に電氣的ストレスを印加した. フォーミングが発生するまでの印加時間 t_{form} が特性値となる. また, 温度可変プロローバのチャンバー内を 10^3 Pa 台の低真空にした上で設置するステージを加熱することで試料温度を上昇させた. この時の測定を図2に示す. CH1 と CH2 の分圧比より素子の抵抗値を, CH2 の電圧値を 50Ω で割ることにより素子に流れる電流値を求めることができる.

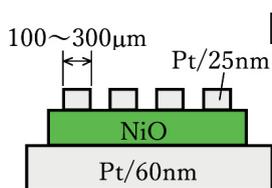


図1 試料断面

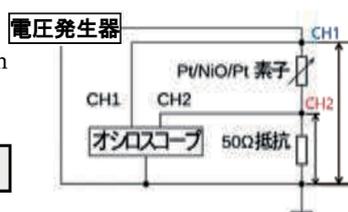


図2 測定系回路

3. 理論

まず, パーコレーションモデルについて説明する. このモデルは MOS 構造における酸化膜の絶縁破壊が, 電氣的ストレスにより生成される欠陥に起因することを前提に説明したものであり, Suñéらにより定量的な解釈が与えられた⁷⁾. 図3に示すように, 対象となる面積 A_{ox} , 膜厚 t_{ox} を有する酸化膜を $n \times N$ 行列の領域(一辺の長さ a_0)で区切り, 電氣的ストレスによって生成された欠陥(最弱破壊点)がある一つの列で貫通するときに絶縁破壊が起きる, いわゆる最弱リンク理論に従うと仮定した.

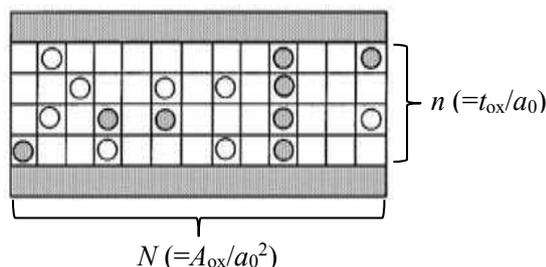


図3 酸化膜中の欠陥生成モデル

一つの領域に欠陥が生成する確率を λ とすると, ある一つの列で欠陥が貫通する確率は λ^n であるから, 絶縁破壊が起こらない確率は $(1-\lambda^n)^N$ で表される. つまり, 累積絶縁破壊確率 F_{BD} は

$$F_{\text{BD}} = 1 - (1 - \lambda^n)^N \quad (1)$$

である. ここで, λ が 1 に比べて十分に小さいとする近似の下, $\ln(1-\lambda^n) \sim -\lambda^n$ を用いて式(1)を変形すると

$$\ln\{-\ln(1-F_{\text{BD}})\} = n \ln(\lambda) + \ln(N) \quad (2)$$

が導かれる.

なお, 式(2)の左辺は, いわゆるワイブル分布 (Weibit) の縦軸にあたる. 横軸に λ の対数をとると, その傾きが酸化膜の膜厚方向の領域数 n に等しくなることを意味している.

酸化膜の絶縁破壊に関する実験において, 欠陥生成確率 λ が, 酸化膜に注入される電荷密度 Q のべき乗で示される ($\lambda = \xi Q^\alpha$) と仮定する. このとき式(2)より, Q をパラメータとした Weibit の傾き β は酸化膜厚に比例することが導かれ, これは Degraeve らの実験結果と符合する⁸⁾. 定性的には, 酸化膜が絶縁破壊を起こすためには, 膜厚が大きくなるほど, パーコレーションモデルによって貫通すべき欠陥数 n が多くなるからであると理解できる.

4. 結果および考察

本実験で得られた結果を以下に列挙し, それぞれ考察する.

4.1 素子サイズ依存

まず, 膜厚 50 nm の NiO 薄膜を有する素子におけるフォーミング特性の素子サイズ依存を調べた. 一定印加電圧 (V_s) を 7.0 V とし, 素子サイズは上部電極径 100, 200, 300 μm の3種類とした. 各素子サイズにおけるフォーミング時間 t_{form} をパラメータとした Weibit を図4(a)に示す. 特に Weibit が小さい場合には外的欠陥に起因してやや外れる傾向にはあるが, 概ね傾きが 0.9 の直線で示されることがわかる.

また, 素子サイズが大きくなるにつれて, フォーミングに要する時間は小さくなっている. ここで, 酸化膜の絶縁破壊に関わる欠陥は, ポアソンモデルに基づき酸化膜中にランダムに分布していると考えられている. このとき, 累積絶縁破壊確率 F_{BD} は, 欠陥密度 D と素子面積 A_{ox} を用いて

$$F_{\text{BD}} = 1 - \exp(-DA_{\text{ox}}) \quad (3)$$

で表される⁹⁾. 一方で, 絶縁破壊の統計量が最弱破壊モデル, すなわちワイブル分布に従う場合には

$$F_{\text{BD}} = 1 - \exp(-t_{\text{BD}}/\tau)^\beta \quad (4)$$

が成立するから, 異なる素子面積 A, A_0 を有する酸化膜における Weibit より

$$\ln\{-\ln(1-F_{\text{BD}})/(A/A_0)\} = \beta \ln(t_{\text{BD}}) + \text{const.} \quad (5)$$

が導かれる. 式(5)の左辺は, 素子面積 A での Weibit を基準面積 A_0 で規格化された Weibit を意味し, 式(5)は面積スケール則という. この演算を先のパーコレーションモデルで考えると,

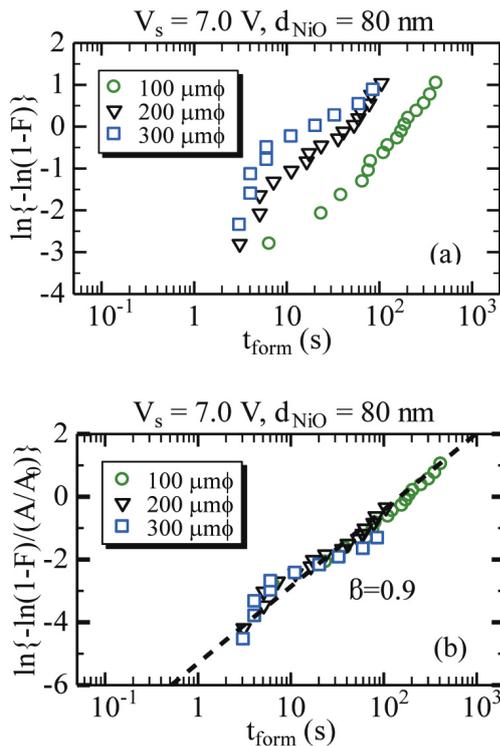


図4 異なる素子サイズにおける t_{form} をパラメータとした(a)Weibit および(b)素子サイズで規格化した Weibit

式(2)の右辺第2項である $\ln(N)$ を両辺から差し引くことに対応している(ここで N は素子面積 A_{ox} に比例する無次元量である)。

図4(a)を基準面積 $A_0 = \pi(100\mu\text{m}/2)^2$ で規格化した分布が図4(b)である。素子サイズによらずワイブル傾き β が 0.9 の一直線上にのっていることがわかる。フォーミングにおけるこの結果は、酸化膜の絶縁破壊からの類推により、NiO 薄膜内の導電性フィラメントの形成が最弱リンク理論に従うこと、およびその最弱破壊点となりうる欠陥が NiO 薄膜中にポアソン分布に基づいてランダムに分布していることを示唆している。

なお、電子ビームで堆積した Pt 下部基板上の Pt/NiO/Pt 素子の場合、ワイブル傾き β は 1.5 となることを既に確認している¹⁰⁾。これは、下部電極の Pt およびその直上の NiO 薄膜の結晶構造の違いが反映していることに起因する¹¹⁾。

4.2 印加電圧依存

次に、NiO 膜厚 50 nm、上部電極径 100 $\mu\text{m}\phi$ の素子におけるフォーミング特性の印加電圧依存を調べた。 $V_s = 3.25 \sim 4.0\text{V}$ と変化させた場合のフォーミングに至るまでに素子を通過した電荷量 Q_{form} をパラメータとした Weibit を図5に示す。印加電圧が増大するほど Q_{form} が低下するが、ワイブル傾き β は 1.0 でほぼ一定値をとる。この傾向は t_{form} をパラメータとした場合に、印加電圧が増大するほど t_{form} が低下することと同様である。

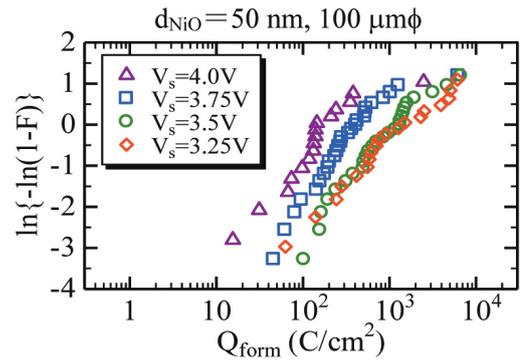


図5 異なる電圧印加時の通電量 Q_{form} をパラメータとした Weibit

また、 t_{form} の Weibit のワイブル傾き β は、前節の結果と同様に 0.9 をとることも確認している。

したがって、印加電圧依存としては、ワイブル傾きを維持したまま、印加電圧の増減に応じて Weibit が左右にシフトするといえる。ただし、シフト量は印加電圧の絶対値のみでは単純に決定されず、印加電圧とどのような定量的関係にあるのかまでは現状不明確である。

4.3 素子温度依存

測定チャンバーに 150 $\mu\text{m}\phi$ の Pt/NiO/Pt 素子を入れて試料ステージを加熱し 400K まで昇温した。290K および 400K の2つの温度下における t_{form} をパラメータとした $V_s = 5.5\text{V}$ 時の Weibit を図6に示す。室温におけるワイブル傾き $\beta = 0.9$ は、前節同様これまで我々が作製した Pt/NiO/Pt 素子の値と等しく、NiO 膜厚や素子サイズによらず NiO 薄膜の結晶構造に起因するこの値の普遍性が確認された。

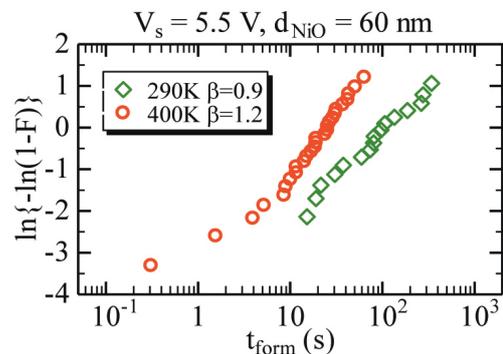


図6 異なる温度下における t_{form} をパラメータとした Weibit

一方、試料を 400K まで加熱した場合、ワイブル傾き β は 0.9 より明らかに増大し、フォーミング時間ばらつきは抑制される結果を得た。ただし、10 秒以下のフォーミング時間の値に関しては、取得データの時間分解能の都合で精度が低いと

思われるため、ワイブル傾き $\beta=1.2$ の算出ではこれらを除外している。400Kにおけるワイブル傾きの正確な値については、他の V_s とした場合のWeibitにおいて、十分な時間分解能が確保されるよう時間レンジを適切に設定して測定を行う必要がある。

4.4 2種類の低抵抗化現象

290K および 400K の 2 つの温度下における $V_s=4.5V$ 時の典型的な経時変化を図 7 に示す。本素子の測定においては図 2 の測定系を使用しており、CH1 の減少は CH2 の増大、すなわち低抵抗化を意味している。図 4(a) の 290K における 120 秒後の急激な電圧降下は、急峻な低抵抗化、すなわちフォーミングを表している。フォーミング後の素子抵抗は概ね $50\ \Omega$ 以下に低下している。

一方、400K に昇温すると、フォーミング前の定電圧印加時に次第に電流が増加するような素子が出てきた。図 4(b) においては、46 秒後にフォーミングが起こるまで、連続的な低抵抗化が見られていることがわかる。このような連続的な低抵抗化は、室温付近においてはこれまで見られなかった現象である。

そこで、この連続的な低抵抗化の一定電圧依存性を調べるべく $V_s=1.5\sim 5.5V$ で変化させたところ、 V_s が低下するほど連続的な低抵抗化が抑制されることがわかった。すなわち、高温下でより高電圧によるストレス印加により、絶縁膜の破壊で提案されているパーコレーションモデルで示される欠陥の生成、すなわち導電性フィラメントの形

成が、急峻ではなく連続的に起こるようになることを示唆している。

4.5 フォーミングモデル

以上の結果を踏まえて、フォーミングの仮説モデルを検討する。

Pt/NiO/Pt 積層構造におけるフォーミング特性値のワイブル傾きが、NiO 膜厚に依存せず一定となる結果を以前に得ている¹²⁾。しかし、この結果は酸化膜の絶縁破壊における Degraeve らの実験結果である、ワイブル傾きが膜厚にほぼ比例するという関係とは異なる。ワイブル傾き β が高々 1 付近であるという結果から、フォーミングに関わる領域の膜厚は、NiO の膜厚に比べて数 nm 程度の極薄であることが推察される。この極薄層が電気的ストレスによって破壊されると、NiO の残りの層にも次々と欠陥が生成される正帰還が機能し、最終的に急激な低抵抗化(フォーミング)に至る、という描像が考えられる¹²⁾。

なお、この極薄層は残りの層と比較して抵抗率が高く、素子に印加された電界がほぼ印加される前提に立っている。この 2 層化はあくまで便宜上の概念にすぎない点に注意する必要がある。

本研究において、400K に昇温した際にフォーミング前に連続的な低抵抗化が見られた。この結果は、この極薄層内の欠陥がある程度の電気的ストレスによって少しずつ連続的に起こりうる現象が、素子温度の上昇によって顕在化したという点で興味深い。これまで室温付近における電気的ストレス印加では見られなかったが、どの程度の素子温度から顕在化する現象であるのか、さらに検証を進める必要がある。

5. おわりに

Pt/NiO/Pt 積層構造を有する抵抗変化素子において、抵抗変化現象の発現に必要であるフォーミングと酸化膜の絶縁破壊との類似性に着目し、本研究ではフォーミング特性分布の素子サイズ、印加電圧、および素子温度依存に関して系統的に調べた。

酸化膜の絶縁破壊との類似点としては、NiO 薄膜内の導電性フィラメントの形成が最弱リンク理論に概ね従うこと、その最弱破壊点である欠陥が NiO 薄膜中にポアソン分布に基づきランダムに分布していることが示された。一方、相違点としては、ワイブル傾きの酸化膜厚依存性の有無や高温時の連続的な低抵抗化が顕在化したことがあげられる。

これらの実験結果を踏まえて、フォーミングの仮説モデルを検討していく上で、学術的にも興味深い結果が得られた。抵抗変化現象の起源に迫るべく、今後さらなる検証実験を進めていきたいと考えている。

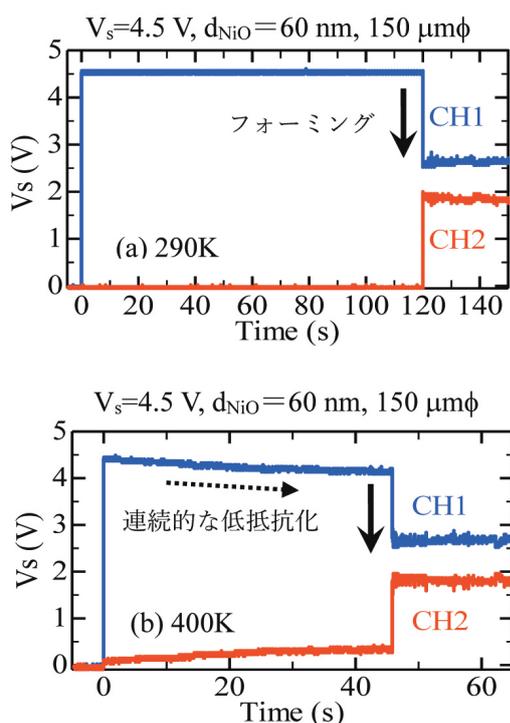


図 7 一定電圧(4.5V)印加時の CH1/2 電圧の推移

参考文献

- 1) T. Ohsawa, H. Koike, S. Miura, H. Honjo, K. Tokutome, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, and T. Endoh, "1Mb 4T-2MTJ Nonvolatile STT-RAM for Embedded Memories Using 32b Fine-Grained Power Gating Technique with 1.0ns/200ps Wake-up/Power-off Times", 2012 Symp. On VLSI Circuits, p.46 (2012)
- 2) G. De Sandre, L. Bettini, A. Pirola, L. Marmonier, M. Pasotti, M. Borghi, P. Mattavelli, P. Zuliani, L. Scotti, G. Mastracchio, F. Bedeschi, R. Gastaldi, and R. Bez, "A 4 Mb LV MOS-Selected Embedded Phase Change Memory in 90 nm Standard CMOS Technology", IEEE J. Solid-State Circuits, vol.46, p.52 (2011)
- 3) I. G. Baek, M. S. Lee, S. Seo, M. J. Lee, D. H. Seo, D.-S. Suh, J. C. Park, S. O. Park, H. S. Kim, I. K. Yoo, U-In Chung, and J. T. Moon, "Highly Scalable Non-volatile Resistive Memory using Simple Binary Oxide Driven by Asymmetric Unipolar Voltage Pulses", Tech. Dig. Int. Electron Devices Meet., p.587 (2004)
- 4) H. Akinaga, and H. Shima, "Resistive Random Access Memory (ReRAM) based on Metal Oxides", Proc. IEEE, vol.98, no.12, p.2237 (2010)
- 5) M.-J. Lee, C. B. Lee, D. Lee, S. R. Lee, M. Chang, J. H. Hur, Y.-B. Kim, C.-J. Kim, D. H. Seo, S. Seo, U.-I. Chung, I.-K. Yoo, and K. Kim, "A fast, high-endurance and scalable non-volatile memory device made from asymmetric Ta₂O_{5-x}/TaO_{2-x} bilayer structures", Nature Mater., vol.10, no. 8, pp.625 (2011)
- 6) A. Wedig, M. Luebben, D.-Y. Cho, M. Moors, K. Skaja, V. Rana, T. Hasegawa, K. K. Adepli, B. Yildiz, R. Waser, and I. Valov, "Nanoscale cation motion in TaO_x, HfO_x and TiO_x memristive systems", Nature Nanotech., DOI: 10.1038/NNANO.2015.221 (2015)
- 7) J. Suñé, "New Physics-Based Analytic Approach to the Thin-Oxide Breakdown Statistics", IEEE Electron Device Lett., vol.22, no.6, pp.296 (2001)
- 8) R. Degraeve, J. L. Ogier, R. Bellenx, P. J. Roussel, G. Groeseneken, and H. E. Maes, "A New Model for the Field Dependence of Intrinsic and Extrinsic Time-Dependent Dielectric Breakdown", IEEE Trans. Electron Dev., vol.45, no.2, p.472 (1998)
- 9) E. Y. Wu, "On the Weibull Shape Factor of Intrinsic Breakdown of Dielectric Films and Its Accurate Experimental Determination — Part I: Theory, Methodology, Experimental Techniques", IEEE Trans. Electron Dev., vol.49, no.12, p.2131 (2002)
- 10) Y. Nishi and T. Kimoto, "Effect of NiO crystallinity on forming characteristics in Pt/NiO/Pt cells as resistive switching memories", J. Appl. Phys., vol.120, p.115308 (2016)
- 11) Y. Nishi, H. Sasakura, and T. Kimoto, "Appearance of quantum point contact in Pt/NiO/Pt resistive switching cells", J. Mater. Res., Invited Feature Paper, vol.32, p.2631 (2017)
- 12) 西, 木本: NiO を用いた ReRAM におけるフォーミング特性の分布, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.115, No.363 p.13 (2015)

(2020.12.11 受付)

Distribution of Forming Characteristics in Pt/NiO/Pt stack structures

Yusuke NISHI* and Takuya YAMANAKA

*Corresponding author: y.nishi@maizuru-ct.ac.jp

Abstract: An abrupt reduction in resistance called forming is required for resistance switching phenomenon in ReRAM structures using a binary oxide such as nickel oxide (NiO). In this study, dependence of the forming characteristics on applied voltage, cell size, and ambient temperature were investigated under constant voltage stresses to Pt/NiO/Pt stack structures. Many experimental results suggest that the formation of conductive filaments at forming follows a weakest link theory, and that weakest spots are randomly distributed in the NiO film according to the Poisson statistics. Moreover, at a high temperature of 400K, gradual reduction phenomena in resistance were observed before the forming process, which indicates that defects in the ultrathin layer in the NiO can occur continuously due to electrical stress as the ambient temperature elevate. What temperature the phenomenon becomes apparent should be clarified in the near future.

Key words: resistive switching, nickel oxide, forming

感できるだろう。高専生が古典を学習する意義はそこにある。

エンジニアを目指す学生たちは、ともすれば、新奇で簡便な価値に目を向けがちである。しかし、一年次で古典作品に触れ、共通点・相違点を分析し、その背景を検討するという学習行動は、新たな視野を獲得する機会となる。長く読み継がれてきたものは、一定の普遍性を持ち、人々の共感を容易く得ることのできる巨大コンテンツである。これを活かし、昇華させることで、新たな価値が生み出される。そうした想像力・創造力が日本の文化・技術をつくり上げてきたのである。古いものは分断された存在ではなく、現代に連なる人間の所産である。こうした連続性を意識しつつ、違いを検討することは、技術に対する考えを深めるとともに、社会に存在する多様性を認めることにもつながるのではないだろうか。

註

- (1) 『日本古典文学大辞典 簡約版』岩波書店、一九八六年
 (2) 『御伽草子』「浦島太郎」の本文は、『日本古典文学大系』岩波書店、一九五八年を参照しつつ、教科書テキストとして学生の分かりやすさに配慮して、適宜表記を改めたり送り仮名を補ったりした。

(3) 古典作品を読む上で基礎となる助動詞「き」「けり」「ず」「ぬ」が用いられ、「ぬ」の識別を説明できる要素が盛り込まれている点も、教材として有意義である。

(4) 浦島伝説の変遷については、三浦佑之『浦島太郎の文学史 恋愛小説の発生』五柳書院、一九八九年、林晃平『浦島伝説の研究』おうふう、二〇〇一年、三舟隆之『浦島太郎の日本史』吉川弘文館、二〇〇九年などが詳しい。

(5) 各年度一年生約一七〇名（一クラス四十名強×四クラス）で、三年間の後期末試験受験者は五〇五名であった。

(6) 一クラス目に授業を行った際には、欄外で会話すれば良いと考え、そう指示した。しかし、それでは見にくくなると考えた一グループで「会話用」ページを独自に作成し始めた。確かにこれは良い考えと思いい、二クラス目では授業担当者が各グループに「会話用」ページを設けたところ、なかなかスムーズな会話や作業に発展せず、それぞれ任せられた担当の作業を淡々と進めるグループが多かった。もちろんクラスの雰囲気によるところもあり、一概には言えないが、三クラス目・四クラス目は、会話の仕方について提示だけで、方法は学生に任せたところ、学生が試行錯誤しながらグループで作業を進めていく姿が多く見られた。

(2020. 12. 11 受付)

A report on Japanese classic class comparing various Urashima legends:

The practice of face-to-face classes and remote classes

Midori OGITA*

*Corresponding author: m.ogita@maizuru-ct.ac.jp

Abstract: This paper reports on practices of Japanese classic classes that compare aspects of acceptance of the Urashima legend. It is based on three years of face-to-face classes from 2017 to 2019 and remote classes in 2020. The purpose of this paper to review the meaning of Japanese classic classes and to show the possibility in remote classes.

Key words: Urashima legend, Japanese classic class, group work, class practice, remote classes

行っていた。これは梶井基次郎『檸檬』に関して、グループごとに設問を与え、意見を出し合い、グループピングしていくというものであった。このとき、初めに Teams でグループワークの説明をしたところ、学生から、自分たちで Teams の会議を開いて話し合いをして良いか質問があった。各グループに任せる旨伝えたところ、ほとんどのグループが会議を開き、メンバーの一人が OneNote の画面を共有して話し合いが行われていった。三年生はグループを九つに分けたが、通信環境としてはそれほど問題なくスムーズにグループワークが行われていたように思われる。確かに三年生は見知った者同士であること、高専三年目で、専門科目でも Teams での授業が行われているように、ある程度の慣れがあった。だが、一年生でもきちんと説明を行えば、同様の方法で話し合いが行えるのではないかと考えている。三年生よりも十分な準備と説明が必要であろうが、端から一年生には難しいと、可能性の幅を狭める必要はなかったのではないだろうか。

改善策の一つ目は、OneNote でなく Excel を利用した作業シートである。Excel は自由に書き込みにくいこと、誰が書き込んだかわかりにくいことを理由に、本グループワークにはふさわしくないと考えていた。しかし、OneNote でグループワークを行ってみて、以下三点により、Excel の方がこのグループワークに関しては作業しやすいのではないかと考えた。

第一に、「変更履歴の記録」である。変更履歴の記録を行うことで、当該セルを更新した人が分かるようになる。さらに、図4のように、一つの項目や設問に対し、メンバーそれぞれの意見を書き込むセル、最終的に採用した意見を書き込むセルを設ければ、一つのセルに同時に複数人が書き込もうとして更新に不具

| 項目 | Aさん | Bさん | Cさん | Dさん | Eさん | 最終意見 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| ①浦島太郎の名 | | | | | | |
| ②浦島太郎の住んでいた所 | | | | | | |
| ③浦島太郎の特徴 | | | | | | |
| ④亀の特徴 | | | | | | |
| ⑤女性の名称。特徴。 | | | | | | |

図4 Excel ファイルを用いた「構成シート」例

合が出る危険性を防ぐことができるだろう。

第二に、「Excel」では共同作業を行う上で「チャット機能」が使える点である。この機能だと、回答するセルと会話が別の次元に存在することになるため、同じ画面上で閲覧することが可能ながらも見にくさが軽減され、コメントがあったことにも気づきやすい。別シートで他グループが作業していても問題ないのか、チャット機能を使うならグループごとに別のファイルを作成する必要があるのか等、授業で行うためには試験運用して確認すべき点があるだろうが、選択肢の一つには加えておきたい。

第三に、一覧する「比較表」を作りやすい点である。今回は、OneNote に書き込まれた学生の回答を、授業担当者が新たに作成した Excel の表にコピー&ペーストして、他の作品と一覧できる「比較表」を作成し、Teams 上で学生に見せながら解説していた。しかし、学生の回答を移行するという二度手間な作業が発生している。同じファイルのシート内で別グループが作業できる体制が取れるなら、採用意見を紐づけた集計用のシートを作成しておくだけで、一覧の「比較表」を作成することができる。別のファイルを作成する必要がある場合にも、同じ Excel ファイルであるため、作業シート自体を移行し、関数を当てはめれば、作業はしやすいはずである。

以上のように、Teams を併用して、あるいは Excel を利用したグループワークを提起した。この方法を成功させるためには、グループワークを行う上で丁寧な説明と下準備が必要になる。高専機構では、学生、教職員ともに Microsoft 365 のアカウントが割り当てられ、Microsoft の各種アプリケーションを利用できる環境にある。加えて、舞鶴高専では遠隔授業の基礎となる資料や動画の公開を「Moodle2」を通して行っている。利用できるツールの長所と短所を理解し、吟味し続けることで、オンラインでも対面に劣らない授業を展開できる可能性を持っている。

6・おわりに

浦島伝説の受容に関してグループワークの授業実践と、遠隔授業における試みや改善策を紹介してきた。浦島伝説は馴染み深く、古典に苦手意識を持っている学生でも読める難易度であり、グループワークを行うことで、一人では難しい箇所も協力して意見を出し合うことで考えが深まる教材である。歴史書、和歌、歌論書、説話、謡曲という多様なジャンルの作品に触れる機会にもなる。それぞれが影響し合い、幅広い享受者層によって、読み継がれてきたことを実

翌週はTeamsにアクセスさせ、この表を見せながら、表の抜けている所や誤っている所、注目してほしい部分を、時にはグループの担当者当てて答えさせながら解説を行った。各クラスで作られた表をもとに解説することで、自身の解答を答え合わせすることになると考えてのことであった。

学生には、比較表を見たり解説を聞いたりして、(1)様々な浦島伝説を比較してみても、気づいたことや考えたこと(二百字以上)、また、グループワークを行ってみての(2)通信トラブルの有無や(3)意見交換の有無、(4)感想を入力し提出させたこのうち、(2)と(3)の結果を下図の図3に示した。(2)通信トラブルの有無については「あった」「ときどき」と回答した学生は約三十五パーセントに上るが、感想を読むと「一人で考えるより楽しかった」などと好意的な意見が多かった。(3)意見交換の有無については、約七十三パーセントの学生が「できた」「それなりにできた」と回答した。「でき

(3)意見交換や話し合いはできましたか？

(2)通信上のトラブルはありましたか？

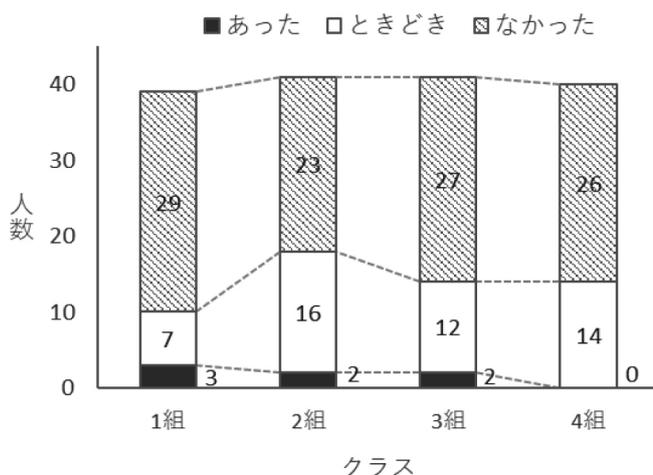
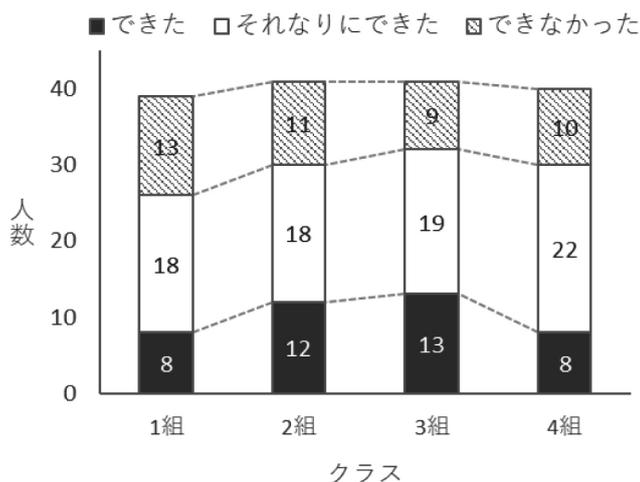


図3 グループワークを終えてのアンケート結果 (2)・(3)

なかった」と回答した学生は、「もし次の機会があったらもっと積極的に頑張りたい。」「難しいところもあったけれど、新鮮で楽しかったです。」「などと感想を書いており、前向きなものであった。こちらの指示や仕組みづくりによって、改善の余地はあるだろう。

反省点は、学生に発表してもらった形式ではなく、授業担当者が大部分を解説するだけの授業になってしまったことである。敢えて同時双方向型にしなくても、オンデマンド型で動画を公開する方が学生は自由に止めたり繰り返ししたりしながら聴くことができ、ふさわしかったのではないかと考える。各クラスで学生の回答をもとに比較表を作り、動画を作成するとすると、かなりの時間と労力がかかるが、クラス単位でなく、学年全体として気になる点をピックアップして解説するなど、工夫できる。

加えて、OneNote にこだわる必要がなかったのではと考え始めている。OneNote は自由な位置にコメントを書き込めることを魅力として今回のグループワークのソフトに選択した。しかし、比較表を作成した方が一覽できて分かりやすい。これは改善策として後述する。

5・3 課題と改善策

遠隔授業で行ったグループワークにおいて、先述したように、ソフトの選択に関して検討が必要である。OneNote は自由に書き込みやすい反面、会話をしようとしたときに流れが分かりにくく、煩雑になる。「会話用」ページを設けても、別のページの項目や設問についての話題であるため、同時にそのページを見ながら会話を進めることができない。また、別のページを閲覧しているときに、他者が書き込んでも気づくことができない。

改善策として二点挙げる。一つ目は、Teamsを併用することである。対面したことのない一年生同士であり、会話が弾むか未知数であること、同時に二つのソフトを利用すると難易度が上がるのではないかと考え、今回はすべてOneNote上で文字のみの会話を勧めた。しかし、文字入力に慣れていない学生や、文字だけの会話に限界を感じている学生がいた。また、OneNoteでの会話の難しさから、自主的にグループLINEを作成し、会話はそちらで始めてしまったグループもあった。こうなると、授業中にもかかわらず、学生の考える過程を教員が把握しづらくなる。このようにOneNoteをチャット替わりにすることには限界があるように思われた。

実は三年生の総合国語の授業で、同様にOneNoteを用いてグループワークを

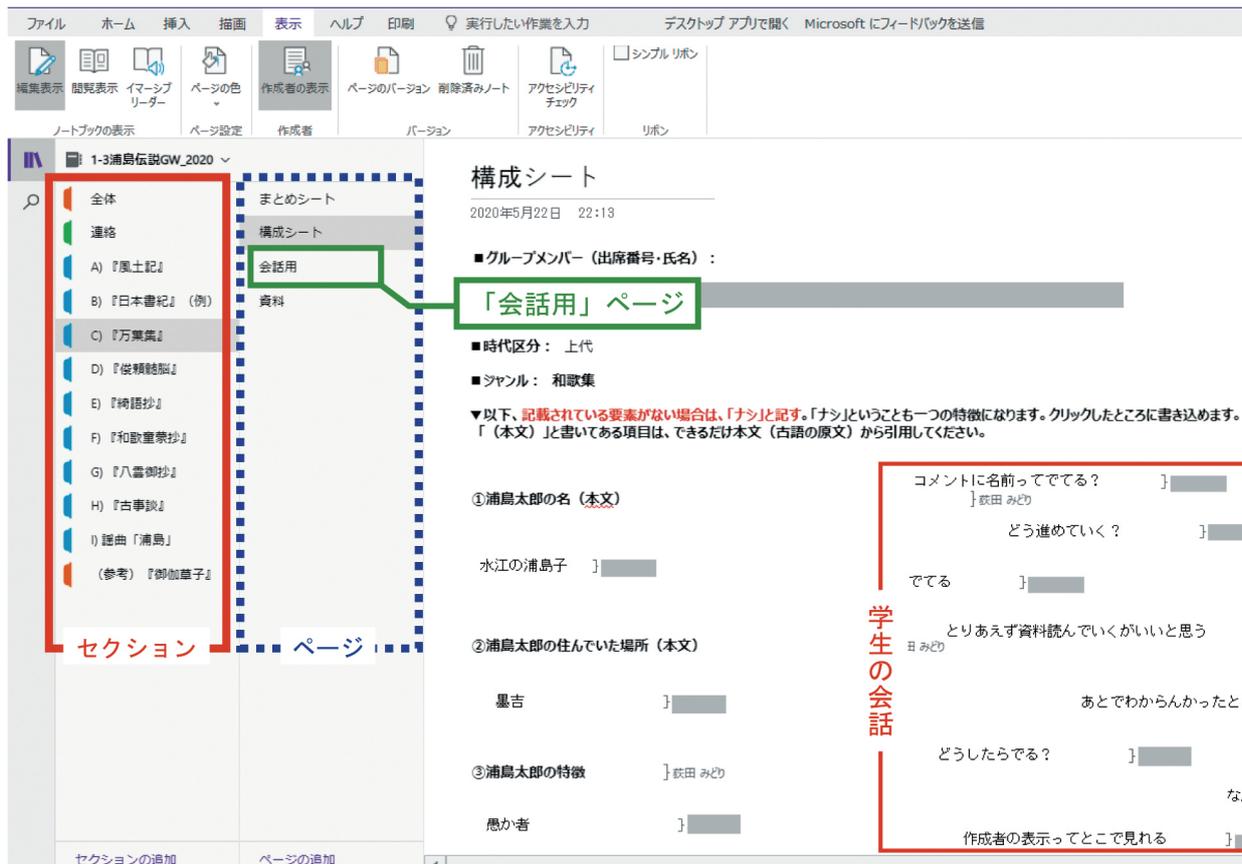


図2 「構成シート」画面の様子 ※学生の個人名はグレーで塗りつぶしている。

5・2 発表と解説
 学生が取り組んだ「構成シート」は、それぞれのページに分かれているため、他作品との比較がしにくい。授業担当者は、翌週までに「比較表」の形で学生の回答を一覧できる表を用意した。これは Excel によって作成し、「全体」というセクションに貼り付けた。

れ自分の担当の範囲をこなすグループもあった。「自分の担当範囲以外も積極的に意見を出し、協力しながら、グループが担当した作品を読み取りましょう。」という指示を出してはいたものの、話しかけにくい雰囲気を作ってしまった。

第四回授業終了後に提出してもらったアンケート(感想)からは、学生たちが制限された中で行う初めてのグループワークに戸惑いながらも、まだ対面していないクラスメイトとの交流に新鮮味と面白さを見出していたことが窺える。一方で、交流がなかったグループの学生からは、個人作業になってしまったことを残念がっている様子が見て取れた。話したことのないクラスメイトに対し、自分から声をかける勇気が出ず、交流できなかった学生の中には、会話して進めざるを得ない状況になれば交流を楽しめたかもしれない者もいる。そうした学生のコミュニケーションの可能性をつぶしてしまったことは反省点である。

上の図2はあるグループの「構成シート」の様子である。当初、学生たちは欄外で会話をし、相談しながら項目を埋めていっていた。そのうち、会話と解答とが見づらくなってきたようで、新たに「会話用」ページを作成し、そのページで会話するようになった。

授業担当者からは、欄外で会話し、その過程を残しておいて良いが、必要に応じて自分たちで「会話用」ページを作っても良いと提案する形をとった。四クラスで授業を行ってみて、授業担当者が「会話用」ページを作ると、そのページで会話しなければならぬという義務感が生まれ、スムーズな会話をしにくそうな印象を受けたためである。作業ページと会話ページが分かれていると、コメントが追加されても気づきにくく、会話が成立しにくいのである⁶⁾。それゆえ、授業担当者はこういうことができるという提示をするだけにとどめ、グループ内でどのように会話を進めるかは学生に任せることにした。アンケートでは、意見交換や話し合いの有無はクラスによりそれほど差がなかったのですが、もしかしたらクラスの雰囲気による違いなのかもしれない。ただ、この方法で授業を進めたクラスでは、学生の相談し合いが活発だったように思われた。

ベースとなる一つの話が様々な時代や地域で語りつがれてゆき、それぞれの話をよむと時代背景や地域性などが見え、またそれらを比べることに興味を持ったから。

浦島太郎の見方が大きく変わったので、最も印象に残っています。

(二〇一八年度)

高校になってからおとぎ話をくわしくやるとは思ってなかった。実際いろいろな浦島物語があつて考察することが楽しく、小さいころに読んだ話とまったく違ったり、おじいさんにならないパターンもあるのか、と終始楽しかった。

(二〇一九年度)

子どもの頃から読んでいた話であつて親しみがあつたが、様々な展開の話があることを知って驚いた。いろんな時代で内容の違う浦島太郎が書かれていることは多くの人に好かれていた作品なんだと感じた。

(二〇一九年度)

もともと知っていると思つていた物語だったが、授業を通して、浦島太郎の住むところについてなど知らなかったことがあつて、面白く感じた。そしてグループワークでも内容を深められ、様々な書物の浦島太郎に興味を持った。

(二〇一九年度)

グループワークと、その前段階として読んだ『御伽草子』『浦島太郎』を通して、学生たちにとってこれまで「当たり前」だったものを突き崩し、深く考える機会にできたのではないだろうか。後期に行った授業の単元の方がどうしても印象が強い中で、三年間で約八パーセントの学生が一年の最初の授業を一年後の感想に書くほどに記憶に残せたことは、十分に意義深いと考えている。

5・遠隔授業におけるグループワークの試み

二〇二〇年、新型コロナウイルスの影響により、本校では四月中は休校、ゴールデンウィーク明けから遠隔授業を開始した。六月から学年単位で段階的に対面授業を再開し、一年生の遠隔授業は六月下旬まで続いた。

浦島伝説に関するグループワークは、遠隔授業全六回のうち、第三回・第四回で行った。第三回は対面授業での読解作業(グループワーク)にあたる部分、第四回は発表にあたる部分である。発表の代わりに授業担当者が解説を行い、適宜学生を当てて回答を求める形をとった。以下、読解作業と発表解説の手順について説明し、見えてきた反省点と改善策を示す。

5・1 読解作業

まず、第三回の読解作業について説明する。本校では、シートホームルーム(SHR)はMicrosoft Teamsを用いて行っているものの、学生のインターネット環境が科目担当者に周知されておらず、長時間の同時双方向型での授業は専門科目以外ではあまり行われていないようであった。データ通信量、通信速度の問題があり、長時間のアクセスが必要なグループワークは避ける方が無難だと思われた。その上、一年生はまだ顔も合わせたことのない者同士であり、どこまでTeamsの会議機能を使って、双方向の話し合いができるかが不透明であった。これらの状況を踏まえて、今回はグループワークの説明をTeamsで行い、その後Microsoft OneNoteに移動し、文字でのやり取りを主としたグループワークを試みた。

OneNoteは一枚もののキャンバスのような形の入力画面で、クリックしたところに自由にコメントの書き込みができる。共有することで、同時に作業することができ、「作成者の表示」というボタンを押しておく、誰が編集したコメントかが分かる。これにより、OneNote上で文字による話し合いができるのではないかと考えた。

OneNoteにはセクションとページという階層がある。複数のセクションを作成し、それぞれのセクションの中に複数のページを設置することができる。本グループワークでは、浦島伝説の記された作品④⑤①というセクションを作成し、それぞれのセクションに「構成シート」「まとめシート」というページを設置した(次頁図2)。「構成シート」は対面授業での「比較表」にあたる。あらかじめ①④⑤の分析項目を入力する欄を設けておいた(ただし、今回は⑤を「女性の名称・特徴。」と「浦島太郎との出会い」の二つに分け、①④⑤とした)。「まとめシート」は対面授業と同じ「まとめシート」の三つの設問を課した。

今回は、「構成シート」の①④⑤をAさん、「まとめシート」の設問1をBさん、……というように、グループの各メンバーに担当箇所を割り当てておいた。初めてのオンラインでのグループワークで、うまく話しながら進められるかがわからなかったためである。しかし、杞憂で、むしろ手を出し過ぎた感がある。グループワーク中、授業担当者は適宜各グループのページを巡回し、迷っているような会話にはフォロワーのコメントを書き込むなどしていた。学生の様子を見てみると、担当を割り当てることで、やはり会話のないままそぞ

学生の感想は、これまで当たり前だと思っていた浦島太郎の話が覆されたことへの驚きを感じているものが多く、自身が読み込んだ担当作品と他作品とを比較し、多くの違いが見えてくることに興味を持ってくれているようだった。一部を抜粋して示す。

時代が現代に近づくにつれ、引用や、話を飛ばすことが多くなっているの
で、浦島太郎の話が一般に広く知られていったことがわかる。

(二〇一七年度)

各作品は似ている点もあれば、まったく違うところもあり、自分が幼少期
に何回も読み返していたこの童話が、こんなにも種類があるとは知らな
かったので、読んでみて、どの物語も新鮮でおもしろかった。

(二〇一七年度)

他と比較すると一つ一つ物語が大きく違ったり少しだけ違ったりもして、
自分たちが知っていたのはほんの一部だけなんだと比較しながら思った。

(二〇一七年度)

浦島太郎本人の名前や玉手箱の中身まで、話によって全く違った事にとて
も驚きました。今の自分達がほとんど知っている浦島太郎のお話が、つい
二、三百年前までは、こんなにバラバラな形で伝わっていたことに驚きま
したが、それと同時に統一された話以外はほとんど知らない事に少し悲し
さも感じました。

(二〇一七年度)

これらの比較で、「比べる」ということに対する見方が改められた気がす
る。

(二〇一七年度)

各作品で細かい部分が変わっているのは人から人に伝わっていく過程で少
しずつ変化していったからなのかなと考えた。しかし亀がいるいない等の
大きな違いはどのようにして生まれたのだろうかと思う。

(二〇一八年度)

auのCMに出てくる浦ちゃん、
「風土記」に出てくる唄子かと思いま
した。理由は「風土記」の最後で唄子
は玉手箱を開けた後、泣きながら歩
き回って歌ったとなっていて、CMの
方でも泣きながら歩き回って「海
の声」を歌っていて、また、歌詞が
似ていると思ったからです。

(二〇一八年度)

特に自分は作品による亀の違いが印象的でした。亀が出てこない作品もあ
れば、亀が乙女になる作品もあり、とても興味深かったです。

文を読んでみて、調べてみて、内容の捉え方、見方が分りづらいが、他
の班の話だと、言葉遊びや時代の背景、浦島伝説のはなしから連想され
た話などが読みとれて、おもしろみがあると思いい、聞いてたのしかった。
(二〇一九年度)

その他、上手に音読できる学生への賞賛や、今回のグループワークや発表に
対する反省、今後発表があったときには頑張りたいという抱負など、発表自体
に対する感想もあった。

『御伽草子』『浦島太郎』の読解も含めたこの授業が学生の思考に少なから
ず刺激を与えたことは、年度末に書いてもらったコメントからも窺える。二〇
一七年から二〇一九年までの後期期末試験において、一年間古典を学んだ中
特に印象に残った単元とその理由を書かせた。浦島伝説は年度当初に行った授
業でありながら、二〇一七年度十五名、二〇一八年度十六名、二〇一九年度九
名の計四十名が「浦島太郎(伝説)」と回答した⁵⁾。この理由として、以下の
ようなことが書かれていた。

自分の知っている事実がどんどんくつがえっていくところがおもしろかっ
たから。
(二〇一七年度)

小さい頃から誰しもが知っているような話だが、この学習をした時、自分
の知っている「浦島太郎」とのずれがあったのが興味深かった。
(二〇一七年度)

グループワークを行って、自分が知っていた浦島太郎とは違ったストーリ
ーの浦島太郎を知れたり、浦島太郎という物語にいろいろな歴史があると
いうことを知れたのが良い経験になったから。
(二〇一七年度)

誰でも知っているような有名な話だけど、地方によって細部や根本的な部
分が異なっており、自分の知らない浦島太郎が聞けたから。また、発祥場
所から見たら、もしかしたら実在するのかもしれないと考えながらグル
ープワークをしたら楽しかったから。
(二〇一八年度)

自分もこの丹後の出身であって、浦島太郎という物語はおおまかな内容
は知っていたが、詳しくは知らなかった。それに、浦島太郎の物語に多くの
種類があり、一つ一つ内容は似ていても、物のあらわし方が違うなど、と
ても興味深い授業だった。
(二〇一八年度)

設問2にある「ジャンル」は「比較表」にあらかじめ提示している。どうい
うものであるかは学生に調べさせた。ジャンルを押さえることで、その文章全
体がどのような意図で書かれているかを押さえ、その文章形式の中でどのよう
に浦島伝説を表現しているか、ある程度の傾向がつかめると考える。

たとえば、『日本書紀』は「秋七月に、丹波国余社郡管川の人水江浦島子、
舟に乗りて釣し、遂に大亀を得たり。」という一文で始まる三文のみの記事で
ある。これは雄略天皇二十二年の「秋七月」のことであり、正史である『日本
書紀』が天皇の時代に沿って編年体で書かれている形式に基づく。『万葉集』
では長歌に反歌が付随していて、その様式を押さえる必要がある。歌論書は、
和歌が一首取り上げられ、その和歌に対する解説として浦島伝説が記されてい
る。そのため、浦島伝説のうち和歌に関わるくだりは詳しく述べ、和歌に関わ
らない部分は省略するなど、歌論書であるがゆえの語り方の特徴がある。

3・4 発表の方法

発表する内容は以下の通り指示した。

- ① 比較表を黒板に示す。
- ② 本文音読とともに、違いについて論点をまとめて発表する。

※どのように発表するか、音読する係、論点を発表する係など分担を決め
ても可。音読は複数人で読むのも可。

※グループ内の全員が何かしらの役割を受け持つこと。

「比較表」を黒板に示すことは、割合時間がかかるため、三グループ程度一
斉にチョークの色を変えて書かせ、その後一グループずつ発表する形式を取っ
た。他グループの学生には、黒板に書かれたものを自分の「比較表」に書き写
すよう指示した。それぞれの発表を聴いた上で、再度九作品+『御伽草子』を
一覧し、比較して見えてくるものを考えてほしかったためである。勿論、誤り
があれば、発表後にこちらで指摘する。

音読を課すことにより、歴史的仮名遣いに慣れるだけでなく、文章の持つリ
ズム感を感じることができる。特に、『万葉集』や謡曲「浦島」はリズムが重
要である。読めない言葉や分りにくい言葉については、グループワーク中に
巡回しながら適宜質問に答えた。古語辞典を引くことも推奨していたが、学生
の持つ古語辞典には掲載されていないような難解な語句もあるためである。

さらに、スマートフォン等電子機器の使用
を許可し、古語辞典にも掲載されていないよ
うな、竜宮城にあたる場所、「常世」や「蓬
萊」がどのような場所なのかを調べる学生も
いた。違いを分析しての発表については、多
くが「まとめシート」を読み上げる形をとっ
ていた。

五分間の発表後、授業担当者から数点質問
を投げかけた。それにより、発表者が気づけ
なかつた点や興味深い点についてフォローを
加えた。テキストを読み込んでこそ分かる
という点を重視した。歌論書では、和歌中の「あ
くる」が、箱を「開くる」と夜が「明くる」
の掛詞になつていという説明を補うことが
多かった。

謡曲「浦島」では、地唄に「海士ならぬ身も袖濡らす旅衣。海士ならぬ身も
袖濡らす旅衣。幾野の道の遠ければ。まだ踏みも見ぬ蜃人の。」というように、
『小倉百人一首』にも所収される小式部内侍の歌「大江山いくの道の遠けれ
ばまだふみも見ず天の橋立」を踏まえた表現が見える。その上、「開ける」「明
ける」の掛詞を踏まえて、玉手箱を開ける話題から、天の岩戸神話の挿話を盛
り込む点も面白い。天照大神が天の岩戸に籠り、歌や舞につられて出てきたと
ころ夜が「明け」という話である。謡曲「浦島」は、通常の浦島伝説を語る
のではなく、勅命を受けた廷臣が、神となった浦島明神に詣でるといふ浦島伝
説の後日譚のような創作であり、なかなか内容をつかみにくいものの、フォロ
ーを加えることで、様々な言葉遊びに気づく。「大江山」歌や天の岩戸伝説は
知っている学生もおり、現代語訳では味わえない本文を読む面白さを感じるこ
とができるだろう。

4・学生の反応

学生には、他のグループの発表を聴いて感想を書くよう、用紙を配布した。
自分の担当した作品を他の作品と比較してみ、気づいたことや考えたことな
どを書き、発表終了後に提出させた。出てきた疑問点等は後日プリントに抜粋
してまとめるなど、フィードバックを行っている。



図1 発表の様子

表2 浦島伝説比較表 (すべて埋めた状態の例。明朝体部分II学生が書き込む欄)

| 時代区分 | 作品名 | ジャンル | ①浦島太郎の名 | ②浦島太郎の住んでいた所 | ③浦島太郎の特徴 | ④亀の特徴 | ⑤女性の特徴 | ⑥竜宮城の名称・場所 | ⑦浦島太郎が故郷に帰り見た風景・人物 | ⑧地上での経過年数 | ⑨玉手箱の名称 | ⑩玉手箱の中身 | ⑪玉手箱を開けた後どうなったか |
|-------|----------|------|---------------|---------------|------------------|--------------------|---|--------------------------|----------------------------|-----------|---------|--------------|----------------------------|
| 上代 | ①『風土記』 | 地誌 | 筒川の嶋子、水江の浦の嶋子 | 与謝の郡。日置の里。筒川村 | 「姿容秀美れ風流なること類なし」 | 五色の亀 ↓婦人となる | 婦人。亀比売 「美麗しくまた比ぶひとなし」 | 蓬山、仙都 | 「人も物も遷り易り、また由るによしなし」 郷人 | 三百余歳 | 玉匣 | 芳蘭之体 | 女にもう会えな いた後どうな ったか |
| | ②『日本書紀』 | 歴史書 | 水江浦島子 | 丹波国余社郡管川 | | 大亀 ↓女になる | 女。 亀が化けた姿。 浦島子と夫婦になる | 蓬萊山 | | | | | |
| | ③『万葉集』 | 和歌集 | 水江の浦島子 | 墨吉 | | | | 常世、常世辺 | 家も里も見当たら ない | | | 玉櫛笥 | 皴が寄り、白髪 になり、死んで しまった |
| 中古 | ④『俊頼髄脳』 | 歌論書 | 浦島の子 | みづの江の浦島 | | 大きな亀 | 女。 浦島の子が寝 ているときに 亀から変身す る | えも知らぬ所 | | | 小さき箱 | 煙 | 老いかがり、 物も忘れてし まった |
| | ⑤『綺語抄』 | 歌論書 | 浦嶋の子 | みづの江 | | 亀。美女に化け る | 美女。蓬萊の神 女。亀が変身 をとめ 神女 | 蓬萊 | | 四五百年 | 箱 | あかき雲 | 身が朽ちせま り、老いた |
| | ⑥『和歌童蒙抄』 | 歌論書 | 水江浦嶋子 | 丹後国余佐郡 | 「若き童の」とし | 大なる亀 | | 蓬萊山 | 知っている人 はない。 老嫗 | 三百四十八年 | 玉匣 | 紫の雲 | 老大すみやか に至りて行歩 にたへず |
| 中世 | ⑦『八雲御抄』 | 歌論書 | 浦嶋の子 | 住吉の水の江 | | | 神女 | とこよの国わた つ海のみやこ、 蓬萊 | 故郷を見て、誰 にも会わな かった | | 箱 | 白雲 | 白髪、年もよ り、命も尽きた |
| | ⑧『古事談』 | 説話集 | 浦嶋子 | 丹後国余佐郡 | 「幼童の如し」 | (浦嶋子伝・霊 亀)美女となる | 神女 (浦嶋子伝・美 女、蓬萊山の 女。玉顔の艶： 未だ翔らず) | 西(浦嶋子伝・ 蓬萊山・蓬萊宮) | | 三百年 | 玉匣 | 紫雲 | |
| | ⑨『浦島』 | 謡曲 | 浦島の明神 | 丹州水の江 | | 五色の亀 | 仙女 | 蓬萊 | | | 箱、玉手箱 | | |
| 中世〜近世 | 浦島太郎 | 御伽草子 | 浦島太郎 | 丹後国 | 二十四五歳 | 亀 | 「美しき女房」 小船に乗り本 国へ送ってほ しいという。実 は龍宮城の亀。 | 龍宮城 | 「虎ふす野辺」 「八十ばかり の翁」 | 七百年以上 | 「玉手箱」 | 「紫の雲三す ぢ」 | 翁の姿 ↓鶴になる |

④『風土記』丹後国逸文（『新編日本古典文学全集』小学館、現代語訳・頭注付き）

奈良時代初期、元明天皇（在位七〇七・七一五）の詔により各令制国の国庁が編纂した地誌。主に漢文体で書かれた。

⑤『日本書紀』（『新編日本古典文学全集』小学館、現代語訳・頭注付き）現存最古の正史。舎人親王らにより、七二〇年成立。原文は漢文だが、テキストは漢字仮名交じりになっているものを使用した。

⑥『万葉集』（『新編日本古典文学全集』小学館、現代語訳・頭注付き）

現存最古の和歌集。七五九年以後成立。天皇、貴族から下級官人、防人など様々な身分の人が詠んだ歌の首以上が所収。原文は万葉仮名。

⑦『俊頼髓脳』（『日本歌学大系』風間書房）

源俊頼によって書かれた歌論書。一一一三年頃成立。

⑧『綺語抄』（『日本歌学大系』風間書房）

藤原仲実によって書かれた歌論書。一一〇七〜一一一六年頃成立。

⑨『和歌童蒙抄』（『日本歌学大系』風間書房）

藤原範兼によって書かれた歌論書。一一四五頃成立か。

⑩『八雲御抄』（『日本歌学大系』風間書房）

順徳天皇が著した歌論書。鎌倉初期成立

⑪『古事談』（『新日本古典文学大系』岩波書店）

説話集。源頼兼編纂。鎌倉時代初期の一二二二〜一二二五年に成立。奈良時代から平安中期に至るまでの四六二の説話を収める。

⑫謡曲「浦島」（『謡曲二百五十番集』（『日本名著全集 江戸文藝之部』第二十九巻）日本名著全集刊行會、二〇二〇年度の授業では私に現代語訳を付した）

作者不明。浦島伝説を題材にした創作。浦島明神参拝の勅命を受けた廷臣が、丹後の水江に赴く。

⑬⑭⑮までの九作品を、九つのグループそれぞれに割り振り、担当を決定した。ただし、⑬『風土記』は文章量が多く、⑭『日本書紀』は少ないため、『日本書紀』を担当するグループには『風土記』の後半も担当してもらった。遠隔授業を行った二〇二〇年度の場合は、作品途中で分けることが難しく、どのような回答を求めているのか例を見せる目的もあり、⑮『日本書紀』を例として荻田が担当し、残り八作品を八グループに振り分けた。

3・3 分析項目

各人に「比較表」を、各グループに「まとめシート」を配布した。「比較表」は、上記九作品に、比較対象として『御伽草子』を加えた十作品において、次の十一項目のプロットを書き込み一覧できるようにした表である（次頁表2）。

①時代区分（事前に学習した上代・中古・中世・近世という時代区分を意識させる）

②浦島太郎の名

③浦島太郎の住んでいた所

④浦島太郎の特徴

⑤亀の特徴

⑥女性の名称。特徴。浦島太郎との出会い（二〇二〇年度は「浦島太郎との出会い」を別項目に分けた）

⑦竜宮城の名称。場所。

⑧浦島太郎が故郷に帰り見た風景・人物

⑨地上での経過年数

⑩玉手箱の名称

⑪玉手箱の中身

⑫玉手箱を開けた後どうなったか

学生は自身の担当作品を読み取り、「比較表」の①〜⑫の項目にあてはまる内容を書き込み埋めていく。①②などは抜き出して書くことになるが、③⑦などは現代語で書いても構わない。文中に描かれていない項目については、その欄に斜線を引くよう指示した。「描かれていない」ということも特徴の一つであると伝えている。

一方、「まとめシート」には三つの設問を示し、話し合ってもらった。

1. 表において、現在よく知られている「浦島太郎」や『御伽草子』との最も特徴的な違いはどのような点か。

2. この作品のジャンルはどのような文章形式か。その特徴はどのような所に表れているか。

3. 表以外の箇所、特徴的なプロット（筋立て、文章の流れ）・表現はどのような点か。

表1 授業の流れ(前期中間試験まで)

| | 前半 | 後半 |
|-----|---------------------|---------------------------|
| 第一回 | 授業ガイダンス、仮名遣い、辞書の引き方 | 『御伽草子』文学史、音読、本文写す、語句の意味調べ |
| 第二回 | 小テスト、言葉の単位、活用形 | 『御伽草子』『浦島太郎』冒頭 |
| 第三回 | 小テスト、四段・上下二段活用 | 『御伽草子』『浦島太郎』冒頭 |
| 第四回 | 小テスト、上下一段・変格活用 | グループワーク |
| 第五回 | 小テスト、グループ発表 | |
| 第六回 | 小テスト、グループ発表(残り) | |
| 第七回 | 別単元 | 別単元 |

大坂の渋川清右衛門によってそのうち二十三編が選ばれて出版されたものを指す。二十三編の中には、「一寸法師」や「鉢かつぎ」など、昔話としてよく知られた話もあり、「浦島太郎」もその一編である。この出版により、「浦島太郎」はより広範囲に共通の話が広まった。

ただし、これは我々が現在知る浦島太郎と、相違点も多い。たとえば、書き出しは「昔、丹後国に、浦島といふ者侍りしに、その子に浦島太郎と申して、年のよはひ二十四五の男ありけり。」⁽²⁾とある。「丹後国」という具体的な地名が記され、浦島という者がいてその子が浦島太郎であるというように、親の説明から入る点も異なる。さらに、二十四、五歳という浦島太郎の年齢まで明らかになる。その後の筋立てでは、浦島太郎が亀を釣り上げ、放してやることについて恩を感じると言い放つ。いじめられている亀を助けたわけでもなく、亀の背に乗って竜宮城へ行く流れでもなく、翌日小船に揺られた女が浦島太郎のもとにやって来る。『御伽草子』は比較的簡便な文章で書かれているため、現代よく知られる話との違いを実感することができ、古典授業の導入として適当である⁽³⁾。

現在よく知られた「浦島太郎」は、国定教科書の影響によるところが大きい。全国一律の国定教科書に掲載されたことで、共通の「浦島太郎」が広まることになった。明治三十七年(一九〇四)の第一期には冒頭の簡単なあらすじのみ記され、明治四十三年(一九一〇)の第二期から、検定教科書へ変わる直前の第六期国定教科書まで、小学二年生用の『尋常小学校読本』で用いられ続けている⁽⁴⁾。現代の我々が共通の浦島太郎の話を確認しているのも、この影響下に

ある。「往昔々浦島は助けた亀に連れられて」と謡った文部省唱歌の存在も大きい。これらの受容の流れの概略については、グループワークまでにプリントを配布して押さえた。同時に、文学における時代区分(古代・中古・中世・近世・近代)についてもここで確認している。

最初の三回の授業で基礎を押さえた上で、文章を詳しく読み解き、違いに注目できる術を学び、第四回でグループワーク、第五〜六回前半で発表を行う。なお、第六回後半と第七回は年度によって異なる作品を扱った。

3・グループワーク

3・1 グループワークの目的

次にグループワーク・発表の内容と目的を説明する。グループワークは、グループごとに担当作品を決め、各時代の浦島伝説を比較分析するものである。発表では、本文を音読し、分析結果を説明する。

目的は、大きく二点である。第一に、古典授業の導入として、歴史的仮名遣いに慣れることである。そのため、発表時に音読を課している。第二に、比較することで見えてくる「受容のかたち」を考えることである。グループワークでは、それぞれの作品同士、あるいは、我々がよく知る「浦島太郎」や江戸時代に出版されて以降広く伝わっていた『御伽草子』『浦島太郎』との違いを分析し、そこから見えてくるそれぞれの作品の特質を確認する。テキストを読み込み比較することによる気づきの重要性を感じられれば、今後の古典授業の取り組み方にも良い影響を与えると考える。他の教科にも通じる分析能力を養うことにもつながる。

なお、グループワークにすることで、古典に苦手意識を持つ学生たちも相談し合い、ここまでの授業内容の復習を行いながら取り組むことができるほか、比較分析に関して、多様な視点を共有し合うことができる効果を期待した。

3・2 作品選定

グループワークにあたって、以下①〜④の九つの作品を選定した。作品名と概略、使用テキストを示す。一年生でもある程度読みやすく、違いを比較しやすいものであることを重視した。ただし、浦島伝説の受容の系譜を押さえる上で外せないと考えられるものうち、文章量が多く馴染みのない言葉が多いものについては、現代語訳付きのテキストを配布した。

浦島伝説の系譜を比較する古典授業

——対面授業と遠隔授業の実践を通して——

荻田みどり¹

要旨…本稿では、浦島伝説の受容の様相を比較する古典の授業実践について報告する。二〇一九年までの三年間の対面授業、二〇二〇年の遠隔授業に基づき、古典授業の意義を見直すとともに、遠隔授業における実践の可能性を示す。

キーワード…浦島伝説、古典授業、グループワーク、遠隔授業

1・はじめに

浦島伝説は、古くは奈良時代に成立した『丹後国風土記』逸文などに記事があり、舞鶴工業高等専門学校（以下、本校）の位置する丹後国にゆかりのある伝説である。『源氏物語』や『平家物語』にも浦島伝説を踏まえた表現が見られるほか、説話や歌論書などのテキスト作品はもとより、能や歌舞伎という舞台芸能に取り入れられるなど、現代に至るまでさまざまな形で受容されてきた。近年では、KDDI株式会社のコンシューマ事業ブランドauのCMキャラクターとして登場している。これほど古くから多岐にわたるジャンルに波及して、絶えず受容されてきた作品は、実は珍しい。

執筆者は、二〇一七年から二〇一九年までの三年間に、本校一年生を対象とした古典の授業において、浦島伝説の記されたテキストを比較するグループワークを実施してきた。古典がいかに現代まで形を変えながら受け継がれてきて、現代でも創作の糧になっているかを知ることが、入学したばかりである一年生が古典学習の意義を理解することにもつながる。その上、本校は京都府内だけでなく、滋賀県や兵庫県、大阪府など、他府県から入学してきた学生も多い。舞鶴のことについてあまり知らない学生にとっても、これから五年間を過ごす舞鶴という土地について興味を持つ良い機会になると考える。本稿では、古典授業の導入として位置付けたこの授業の取り組みを紹介する。

また、二〇二〇年度は新型コロナウイルスの影響により、本校では六月まで

遠隔授業を余儀なくされた。そこで、Microsoft OneNoteやTeamsを用いて、同様のグループワークを試みた。一度も対面したことのない、パソコンの操作に慣れていないかもしれない一年生に対して、どのような方法が取れるか試行錯誤した取り組みの方法と課題を述べる。

2・授業の流れと浦島伝説の概要

まず、浦島伝説に関する授業の流れを説明する。浦島伝説に関する授業は前期第一回授業より一授業時間九十分×全約五回半で実施している。次頁の表1に前期中間試験まで七回分の概要を示した。

最初の三回は一授業時間を大きく二つに分けて進めた。前半は授業のガイダンスや小テスト、古典文法の基礎知識等の説明、後半は『御伽草子』所収「浦島太郎」の冒頭部分の読解を通して、現代語訳の仕方や、前半の学習内容を活用しつつ現代語訳をする上で重要となる文法の説明を、講義形式で行った。

「御伽草子」は、広義には室町時代から江戸時代初期にかけて作られた短篇の物語の総称を指す。平安時代以降作られた物語文学よりは庶民などにまで広く流布し、その数は五百編にも及ぶという¹⁾。狭義としては、江戸時代中期、

¹ 舞鶴工業高等専門学校 人文科学部門 講師

第三海軍火薬廠砲炸薬成形工場跡の遺物調査 (その1)

Investigation of wooden relics of a molding factory in Maizuru 3rd Naval Explosives Arsenal (Part 1)

牧野雅司¹・毛利聡²・松本和也³・林田海翔⁴
井上忍⁵・高原岳歩⁵・古久保惇⁶

Masashi MAKINO, Satoshi MOHRI, Kazuya MATSUMOTO, Kaito HAYASHIDA,
Shinobu INOUE, Gakuho TAKAHARA and Atsushi FURUKUBO

1. はじめに

2020年、京都府舞鶴市内において、第三海軍火薬廠砲炸薬成形工場（以下、砲炸薬成形工場と略）跡の調査を行った。本稿は、その調査の概要とそのなかで採取した資料を紹介することを目的とする。

舞鶴工業高等専門学校（以下、舞鶴高専と略）の周囲には、かつての第三海軍火薬廠の建造物やその遺構が未だに多く残されている。本稿が対象とする砲炸薬成形工場跡には、写真1のように鉄筋コンクリート造の建造物とその木造部分が良好に残っていた。史料の少ない戦時中の建造物の様子や工法を知る上で、非常に貴重な資料と言えるだろう。

しかし、2020年9月、この木造部分が写真2のように倒壊してしまっているのを、舞鶴高専の学生が発見した。砲炸薬成形工場跡の歴史的価値から考えると、たとえ倒壊後であってもできる限り記録を残しておく必要があり、またこれ以上崩壊が進行する前に調査を実施しなければならない。そこで、牧野が担当する「地域学Ⅱ」（5年選択）のなかで、学生らの協力を得て調査を行うこととした。



写真1：砲炸薬成形工場跡の木造部分
(2017年4月14日撮影)



写真2：倒壊した砲炸薬成形工場跡の木造部分
(2020年10月7日撮影)

調査は現状記録を主とし、現場に残る砲炸薬成形工場跡のものと考えられる木造遺物を資料として採取し、その採取場所と形状、寸法を記録した。具体的な調査方法は、以下の通りである。

- ①ドローンを用いて、遺構の状態を上空から撮影して記録する。
- ②資料に仮番号を付す。その際、重なった資料については上から、場所は北から南、東から西という順番で番号を付す。木材は人為的な加工痕の見られるものを可能な限り資料として把握する。

1 舞鶴工業高等専門学校 人文科学部門 准教授
2 舞鶴工業高等専門学校 建設システム工学科 准教授
3 舞鶴工業高等専門学校 機械工学科 5年
4 舞鶴工業高等専門学校 電気情報工学科 5年
5 舞鶴工業高等専門学校 電子制御工学科 5年
6 舞鶴工業高等専門学校 建設システム工学科 5年

- ③資料毎に大きさを計測し、写真撮影を行う。
- ④各資料の簡易的な図面・トレース図を作成する。

以上のような方法で、10～11月の授業の時間を利用して実地調査を行い、その後図面の作成を行った。本稿では、今年度の調査で得た資料の記録を掲載する。

ただし、本調査は必ずしも学術的なレベルを保証できているとは言いがたい。調査が複数日にわたったため、記録を完了する前に資料が移動するなど、記録として不十分なものとなってしまった。後掲する図面・トレース図についても、明確な分析視角や基準を設定し得ず、形式にばらつきのあるものとなってしまった。また、スケジュール管理や見通しの甘さのため、調査が十分に進んでおらず、紙幅の関係もあるが、調査結果は何度かに分けて発表せざるを得ない。本稿はあくまでも、調査の途中経過の報告であるのご理解いただきたい。これらの問題点については全て、今回の調査を企画・実施した牧野が責を負うものである。

2. 砲炸薬成形工場について

まず、今回の調査の対象となった砲炸薬成形工場について確認をしておきたい¹⁾⁶⁾。

旧海軍の火薬工場である海軍火薬廠は、1919（大正8）年4月、神奈川県平塚で開庁したものが始まりである。1930（昭和5）年3月、東京都北豊島郡滝野川町（現・東京都北区滝野川）の第五工場（1921（大正10）年11月に爆薬部）が、中舞鶴町（現・舞鶴市）の長浜地区に移転された。この長浜の爆薬部は、1941（昭和16）年の制度変更により第三海軍火薬廠となり、舞鶴鎮守府の管下に置かれることとなった。

長浜工場は、日中戦争勃発による火薬需要の増大によって手狭となったため、近隣地域への移転が検討されるようになった。そこで移転先となったのは、現舞鶴市東部に位置する朝来村であった。この第三海軍火薬廠の移転のため、朝来村に住んでいた人々の多くは立ち退きを強制され、地域社会の様相は一変することとなった。

戦後は、1945（昭和20）年12月1日の海軍火薬廠令の廃止により第三海軍火薬廠は消滅し、建物や機器、弾薬類は連合国軍に引き渡された。接収された施設の一部は、アメリカ軍や陸上自衛隊が弾薬集積所などとして転用し、他の跡地も公園や日本板硝子株式会社舞鶴工場、舞鶴高専などとして利用された。建造物については、取り壊されたものもあればそのままにされたものもあり、今回の調査の対象となった砲炸薬成形工場は後者の例にあたる。

調査の対象とした砲炸薬成形工場は、現在舞鶴高専の北側に位置する通称「砲煩谷」と呼ばれた谷に位置し、6つの建造物が東西に鏡写しの状態で配置されている。炸薬とは砲弾や爆弾などを爆発させるために中に詰めておく火薬のことであり、「砲」は弾丸の意であることから、この工場は炸薬を弾丸用に加工するためのものであったと推測される。今回調査を行ったのは、東側の大きな建物の南側に位置する大部屋である。

3. 遺構全体の状況

個別の資料について説明する前に、遺構全体の様子を概観しておきたい。

建造物の木造部分は部屋の内側に倒れかかり、木材は部屋の全体に散らばっていた。ただし、部屋の奥（西）にあったいくつかの木材については壁面倒壊前に何者かによって焼かれた形跡が見られた。その後も、調査期間中に新しいゴミが散見されるなど、人が入った形跡もあった。そのため、記録をとった時点で全ての資料が倒壊した際の状態を保っていたということとはできない。

そうしたことを踏まえた上で、資料の採取位置を示すと、図1のようになる。1～13、45～51については倒壊した際の状態を保っている可能性が高いと考えられる。一方、14～37については倒壊の前後に移動した可能性が高い。また、8、38～44については、採取場所を記録することができなかった。

図1のA・Bは複数の木材が未だバラバラになっておらず、もとのかたちを保っているもので、今年度の調査では計測のみ実施した。また、A・Bの下にある資料については、一部のものに仮番号を付すところまでしか行えず、そのほかの作業については今後の課題としたい。

4. 各資料の概要

それでは、以下に資料の図を示しながら、それぞれについて若干説明を補足したい。資料については、破損の少ないものについては図面を作成し、破損の多いものについてはトレース図を作成した。図面・トレース図の作成については、資料5・6・15・28・41を松本、14を井上、42・44を高原、10・19・21・24を古久保、その他のものは牧野が担当した。ただし、全体的に様式をそろえるため、牧野が調整を加えている。また、人為的な加工痕や特徴的な部分が残る面を優先的に図に作成することとした。

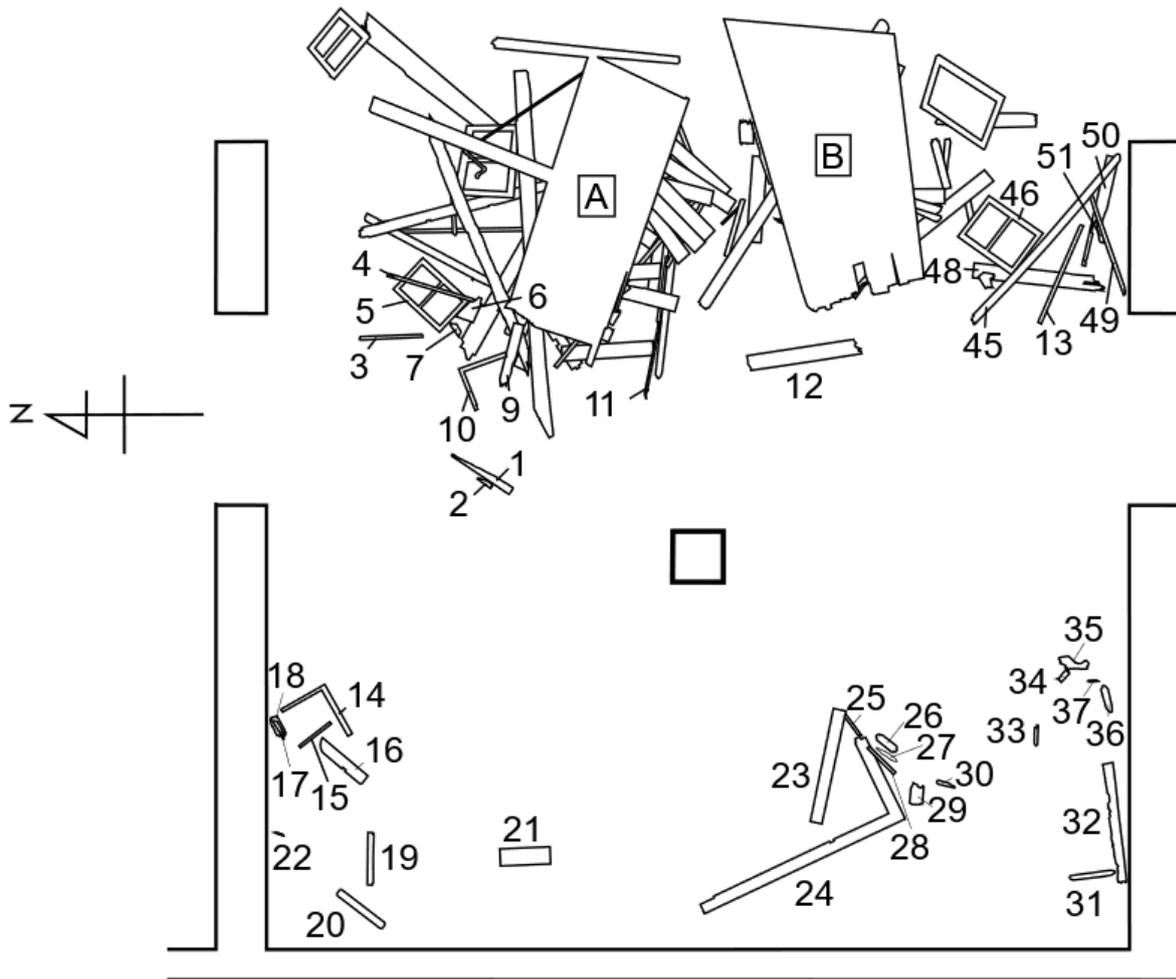


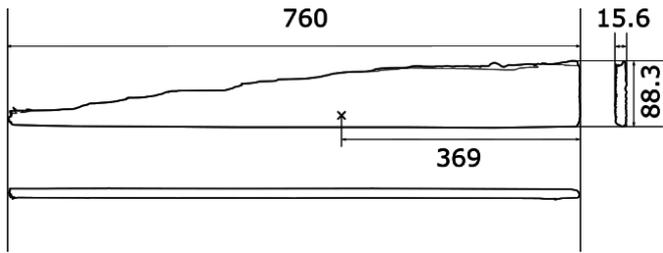
図1：調査を行った遺構の全体図

図中の単位はすべて mm である。

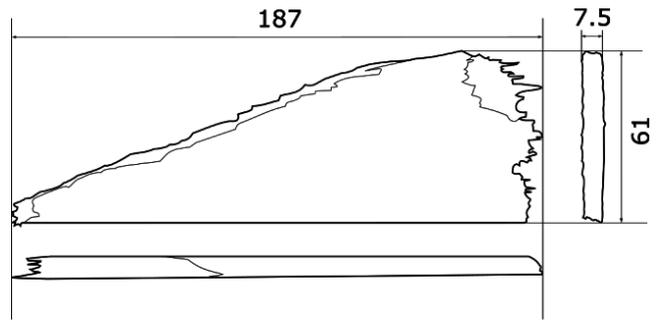
- 1：板状の木材である。正面・背面・底面・右側面には虫損・破損はなく、良好な状態で残っている。厚さは一様である。しかし、上面側から左側面にかけて木材が欠損しており、もとの大きさを知ることができない。正面から背面にかけて釘穴が1カ所残っている。
- 2：板状の木材である。正面・背面は良好な状態を保っており、厚さは一様である。ただし、両側面とも破損しているため、もとの大きさを知ることができない。
- 3：角柱状の木材である。両側面とも破損しているため、もとの長さを知ることができない。ただし、全体的に破損箇所は少なく、良好な状態が保たれている。正面に1ヶ所釘穴、底面に2カ所釘が残っている。また、底面から背面にかけて、幅7mm、深さ4.5mmの段差が付けられている。
- 4：角柱状の木材である。右側面が破損しているため、もとの長さを知ることができない。底面の破損部分に黒褐色の変色が見られ、釘が刺さっていた部分が割れたと考えられる。正面から背面にかけて釘が1本刺さったままで残っており、くぎの頭は背面に残存している。正面には幅19mm、深さ7.4mmの段差が付けられている。また、正面中央部から底面にかけて、穴が1カ所空けられている。加工痕が見えるため、節穴ではなく人為的に空けられたものと考えられる。
- 5：窓枠である。大きな破損もなく、全体的に非常に良好な状態が保たれている。底部には滑車が2カ所残っている。背面にのみ灰色の塗料のようなものが広範に塗られている。背面にガラスを固定する幅10mmの金具が4カ所残っている。金具と板との間は3mmである。正面から背面にかけて、木ネジが1カ所刺さった状態で残っている。
- 6：板状の木材である。厚さは一様ではなく、底部から上部にかけて17～9.5mmとなっている。底部には虫損がある。正面から背面にかけて釘と思われる金属が貫通している。また正面には鉛筆による罫描きが残されている。

- 7: もともと板状の木材だったものが、虫損により剥離したものと考えられる。正面以外は欠損がひどく、もとの大きさなどはわからない。
- 8: 厚さのある木材から外れた節である。どの木材から生じたものかはわからない。人為的な加工の痕跡が残っているものの、壁面の木材とは断定しがたいため、図の作成を行わなかった。
- 9: 枕木状の大型の木材である。正面・右側面は良好な状態を保っているものの、背面・左側面は虫損がかなり激しく、原形を留めていない。正面には幅 40mm、深さ 6.5mm の段差があり、灰色の塗料のようなものが付着している (図の着色部分)。また、正面において、右側面から幅 70~74mm にわたって、何か接着されていたものが剥がれた形跡が見られる。底面には 8 カ所、右側面には 2 カ所釘が残っており、右側面の釘は先端部が突き出た状態で刺さっている。
- 10: 窓枠の一部である。右側面のほぞは破損している。背面にのみ灰色の塗料のようなものが塗られている。背面にガラスを固定する幅 10mm の金具が 2 カ所残っており、金具と板との間は 3mm である。
- 11: 角柱状の木材である。両側面とも破損しているため、もとの長さを知ることはできない。また、背面は虫損が激しく、木材内部にまで及んでいる。正面・上面の一部に白い塗料のようなものが付着している。また、正面には 1 ヶ所釘が残っており、貫通している。底面から上面にかけて幅 10mm、深さ 4.5mm の段差が付けられている。
- 12: 枕木状の大型の木材に角柱状の木材が釘で打ち付けられたものである。双方とも、正面・上面・底面・背面・左側面はもとの形状を保っているものの、右側面は破損が激しく、もとの長さを知ることはできない。角柱状の木材の正面には灰色の塗料のようなものが付着しており、底面には 6 カ所釘が残っている。大型の木材の上部には 10 カ所釘が残っている。また底部には 2 カ所切れ込みがつけられている。
- 13: 角柱状の木材である。背面から正面にかけて釘が 2 本残存しており、1 本は刺さったままの状態が残っている。また、釘穴も残っている。底面は虫損により劣化している。左側面は破損しているため、もとの長さを知ることはできない。
- 14: 窓枠の一部である。大きな損傷もなく全体的に良好な状態ではあるものの、表面の劣化がやや進行し、木目が浮き出ている。底面に滑車が 2 カ所残っている。ガラスを固定する金具は跡が残っているのみで、金具自体はなくなっていた。左側面のほぞは折れてなくなっている。
- 15: 角柱状の木材である。正面から上部・底部にかけて、幅 7mm の面取りが施されている。両側面は折れたのか劣化したのかが判別しにくい状態である。若干虫損が見られる。
- 16: 枕木状の大型の木材である。正面は良好な状態で残っているものの、背面・左側面は虫損により原形を留めていない。右側面も強い力がかかったためか破損が生じており、ほぞが折れたような跡が見られる。また、右側面には、正上より 3mm のところに幅 2mm、深さ 0~2mm に掘られた溝が残っていることが確認できる。底面には、背面より 22mm のところに幅 2mm、深さ 8mm の溝が付けられている。また、右側面より 212mm のところに幅 43mm の切り取られた部分があり、中に折れたホゾが残っている。同様の切り込みがもう 1 カ所残っているものの、虫損が激しく、切り込み以外の加工の様子をうかがうことはできない。
- 17: 木材の一部である。全体的に虫損が激しく、どの面にももとの状態を示すような跡が残っていない。
- 18: 板状の木材である。右側面から背面にかけては虫損が激しく、左側面も割れていてもとの形状を知ることができない。左側面には破損したほぞのような突起が見られ、正面から底面にかけては幅 11mm の面取りが施されていた形跡が残っている。
- 19: 窓枠の一部である。全体的に良好な状態で残っている。左側面のほぞは破損している。一方、右側面のほぞは、背面側は破損しているものの、正面側は良好な状態で残っている。背面に灰色の塗料のようなものが付着している。また、背面にガラスを固定する幅 10mm の金具が 1 カ所残っており、金具と板との間は 3mm である。
- 20: 板状の木材である。全体的に大きな破損もなく、良好な状態で残っている。正面から背面にかけて木ネジが 1 カ所残っている。左側面のほぞには、正面側にノギリを入れたときの刃の跡が残っている。右側面にはほぞの跡は見られない。正面上下に幅 13mm、深さ 5mm の段差が付けられている。
- 21: 厚みのある板状の木材である。厚さは一様である。大きな破損もなく、良好な状態で残っている。釘穴が正面に 7 カ所、背面に 11 カ所のこっている。背面の左右にそれぞれ幅 25.5mm の変色していない部分があり、釘で他の木材と接合されていた跡と考えられる。
- 22: 木材の一部である。全体的に虫損が激しく、どの面にももとの状態を示すような跡が残っていない。
- 23: 板状の木材である。厚さは一様である。全体的に良好な状態であり、割れによる欠損も一部のみである。底面から背面、上面から正面にかけて幅 8mm、深さ 6mm の段差が付けられている

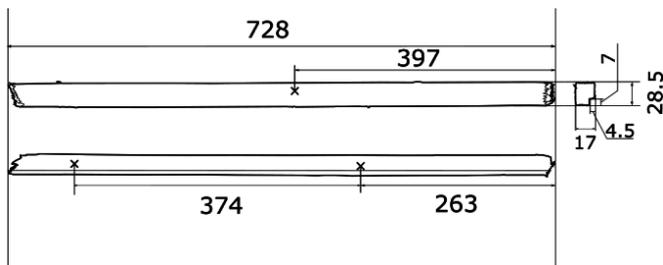
- 24: 扉の一部である。縦 2,000mm、横 820mm、厚さ 39mm で、ほぞ穴などの加工が多く施されている。図面については次稿に掲載したい。
- 25: 木材の一部である。右側面の一部にのみもとの木材の形跡が残っているものの、全体的に虫損が激しく、もとの状態を知ることができない。
- 26: 板状の木材である。右側面は焼けて失われているため、全体の長さを知ることはできない。ただし、それ以外の面については良好に残っている。左側面には幅 37mm、厚さ 6mm のほぞのようなものが切られている。また、正面から上面・底面にかけて幅 13mm の面取りが施されている。
- 27: 木材の一部である。全体的に破損が激しく、どの面にももとの状態を示すような跡が残っていない。
- 28: 角柱状の木材である。右側面から背面にかけて焼失しており、もとの長さを知ることはできない。正面から底面にかけて、幅 10mm、深さ 7.5mm の段差が付けられている。
- 29: 板状の木材である。正面の一部は板としての形状が残っているものの、それ以外の面は割れなどが激しく、もとの形状を知ることはできない。また、正面の左半分と左側面以外は焼けて炭化している。
- 30: 長さ 200mm、幅 12~38mm、厚さ 18mm の木材である。計測は行ったものの、その後確認できていない。
- 31: 角柱状の木材である。両側面とも破損しており、また全体的に虫損が激しく、もとの様子を知ることができない。正面から上面にかけて幅 3.5mm ほどの面取りが施された形跡が見られる。
- 32: 枕木状の大型の木材である。両端を残してほとんどの部分が焼けて炭化してしまっている。また、右側面は元の状態を保っているものの、左側面は破損しており、もとの長さを知ることはできない。底面には二枚ほぞ穴が 2ヶ所あり、ほぞの折れたものが残存している。
- 33: 長さ 182mm、幅 29.5mm、厚さ 23.9mm の木材である。計測は行ったものの、その後確認できていない。
- 34: 木材の一部と考えられる。全体的に虫損が激しく、割れが生じており、もとの状態を示すような跡を見出すことはできない。
- 35: 板状の木材である。焼失部分が多く、正面と背面以外はもとの形状が残っていない。正面から背面にかけて釘穴が 1カ所残っている。
- 36: 板状の木材である。正面は板としての形状が残っているものの、その他の側面については虫損が激しく、また焼けている部分も多いため、もとの大きさを知ることはできない。左側面にはほぞを付けたような形跡があり、正面から上面にかけて、幅 10mm ほどの面取りを施した形跡がある。
- 37: 板状の木材の表面が剥離したものである。正面は板としての形状を残しているものの、背面は虫損が激しく、その他の面も欠損しており、もとの形状を知ることはできない。
- 38: 板状の木材である。正面以外は焼けて失われているため、もとの大きさを知ることはできない。背面から正面にかけて釘が 1カ所ささっており、背面にはくぎの頭が残っている。
- 39: 板状の木材である。正面・背面に板としての形状が残っている。その他の面については割れにより欠損していて、もとの形状を知ることはできない。
- 40: 角柱状の木材である。全面的に焼けて炭化している。正面から底面にかけて幅 9mm、深さ 4.5mm の段差が付けられている。また、右側面にはほぞのようなものが残っている。
- 41: 木材の一部である。虫損で脆くなった木材から剥離したものと考えられる。右側面にもとの木材の形状が残っているものの、それ以外の面にもとの状態を示すような跡を見出すことはできない。
- 42: 板状の木材である。厚さは一様である。右側面は良好な状態で残っているものの、上面・右側面から背面にかけて大部分が焼けている。正面から上面、背面から底面にかけて、幅 8.3mm、深さ 4.8mm の段差が付けられている。
- 43: 角柱状の木材である。全体的に虫損・割れが激しく、全体的に欠損しており、どの面にももとの状態を示す跡は残っていない。
- 44: 劣化した木材から節とその周辺が剥離したものと考えられる。図面の作成を行わなかった。
- 45: 角材状の木材である。未計測・未撮影につき、図面の作成を行わなかった。
- 46: 窓枠である。未計測・未撮影につき、図面の作成を行わなかった。
- 47: (欠番)
- 48: 板状の木材である。未計測・未撮影につき、図面の作成を行わなかった。
- 49: 角材状の木材である。未計測・未撮影につき、図面の作成を行わなかった。
- 50: 板状の木材である。上面・底面・両側面とも破損していない部分が残っているため、長さ 1,057mm、幅 116mm、厚さ 9mm の板だったことがわかる。正面から背面にかけて釘穴が 6ヶ所ある。底面から背面にかけて幅 4.5mm、深さ 3.5mm の溝がつけられている。



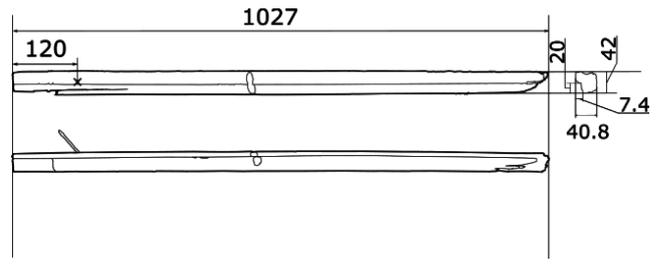
資料 1



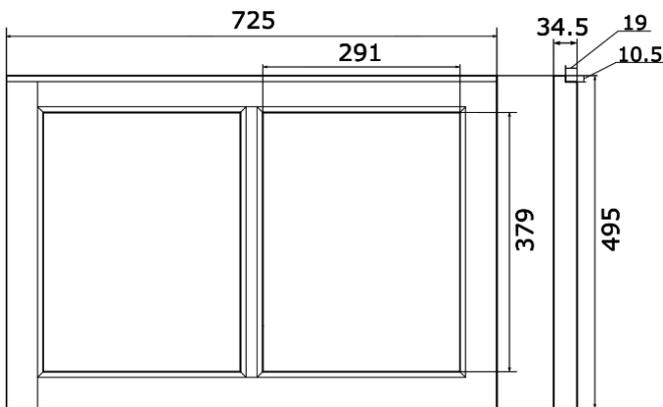
資料 2



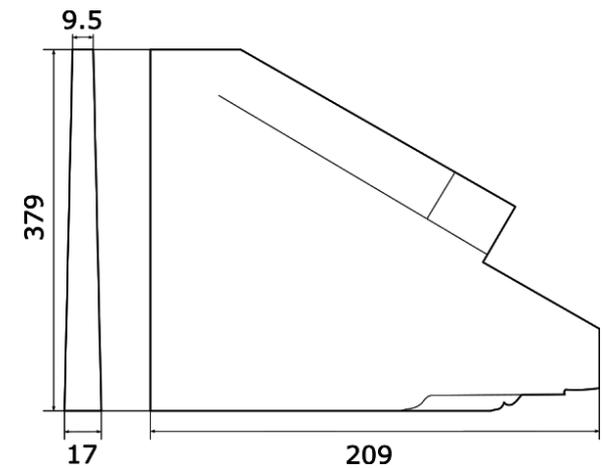
資料 3



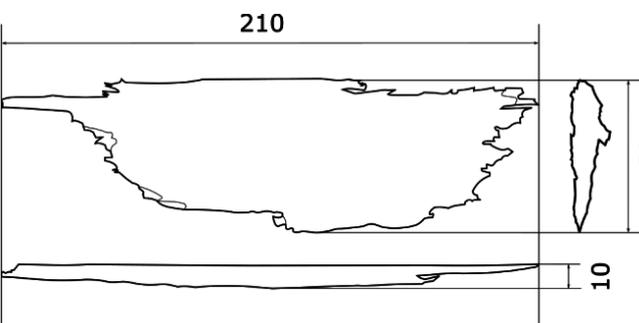
資料 4



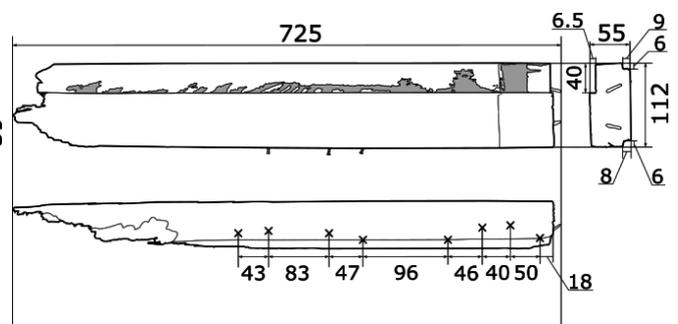
資料 5



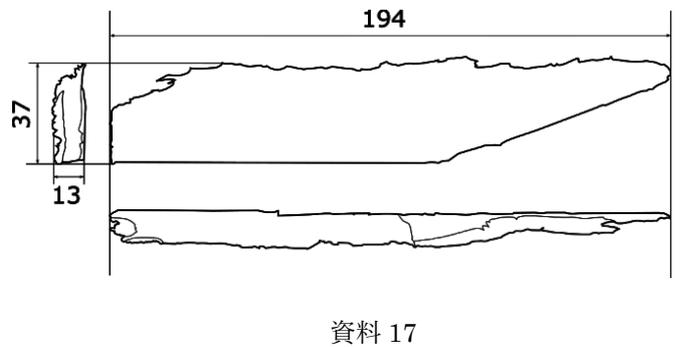
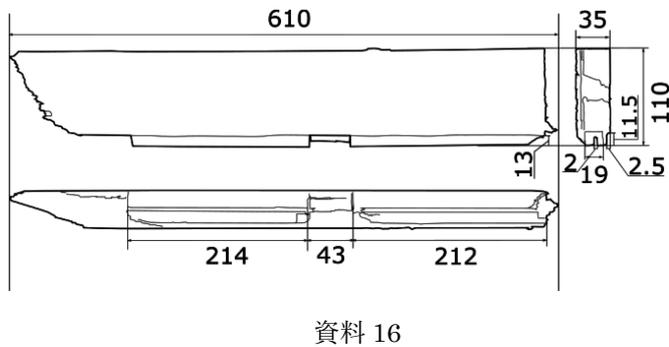
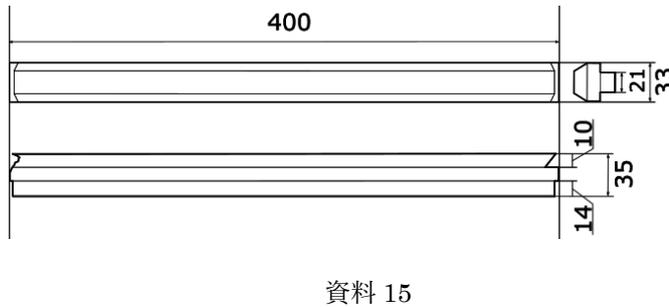
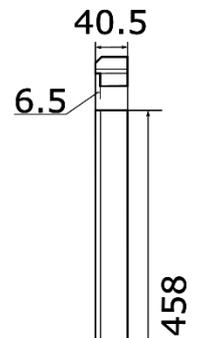
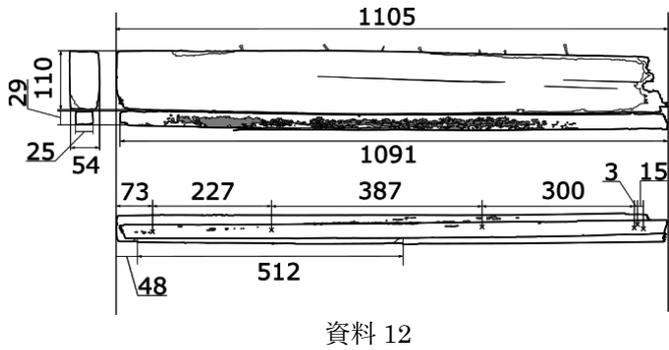
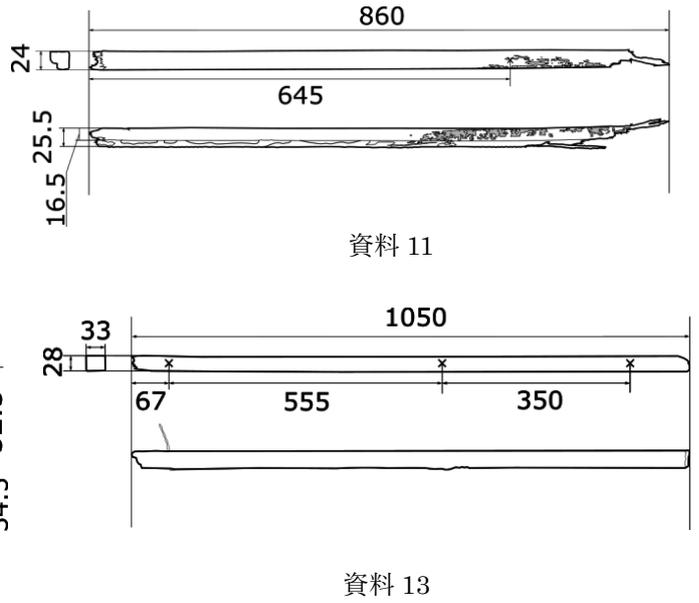
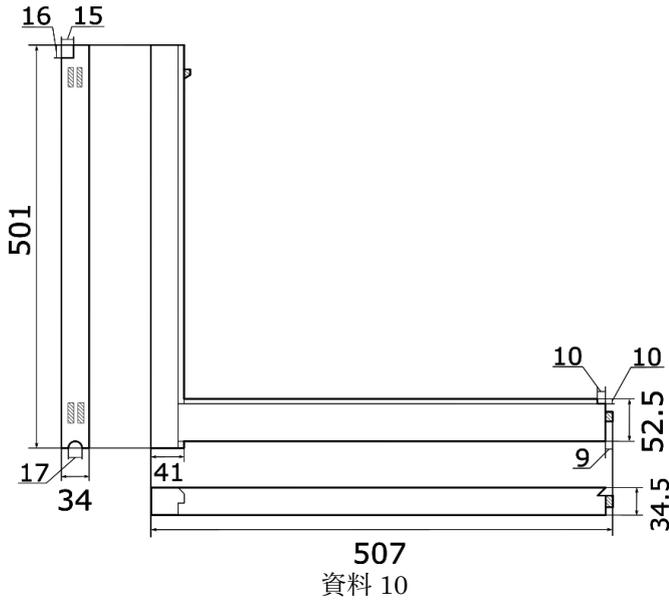
資料 6

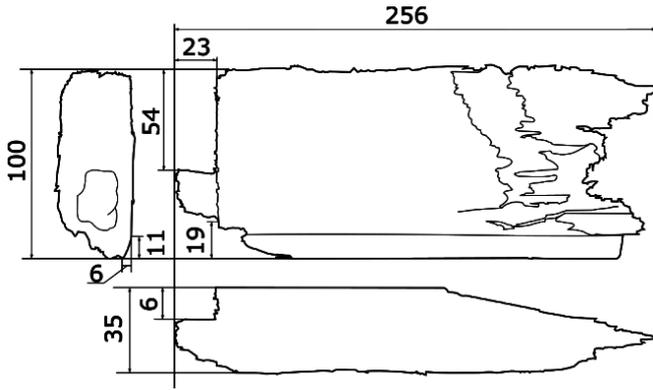


資料 7

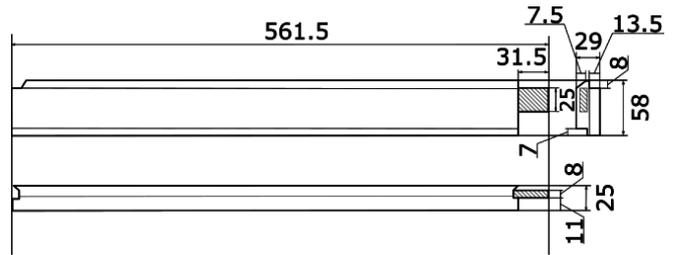


資料 9

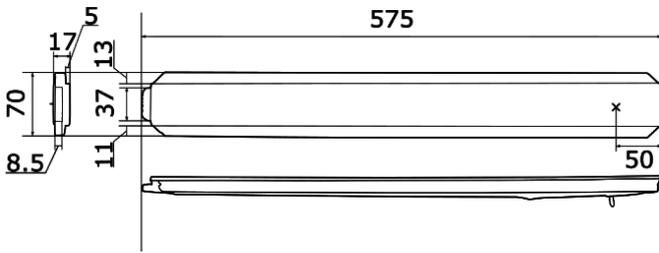




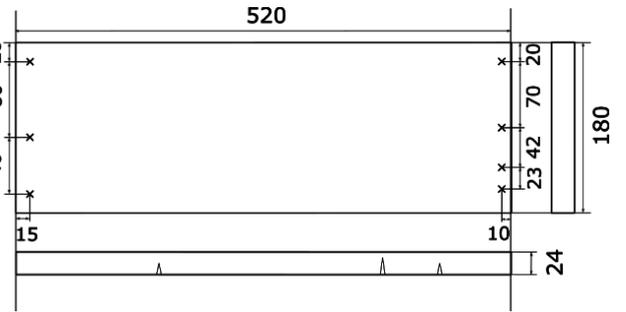
資料 18



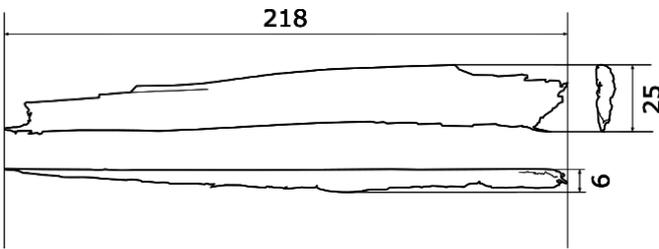
資料 19



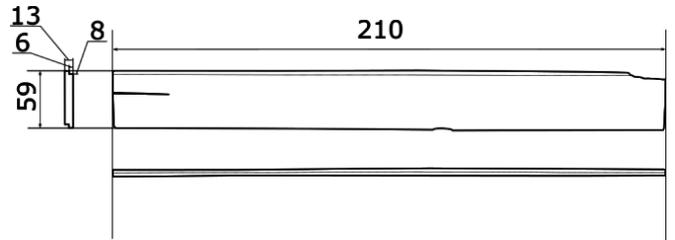
資料 20



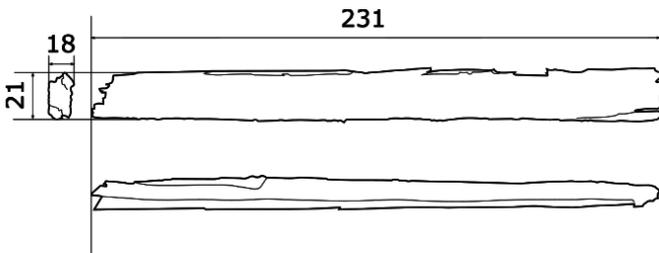
資料 21



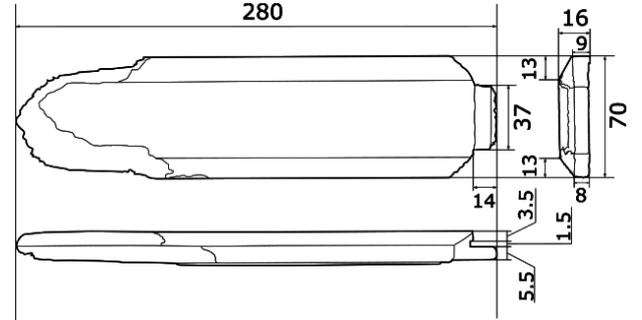
資料 22



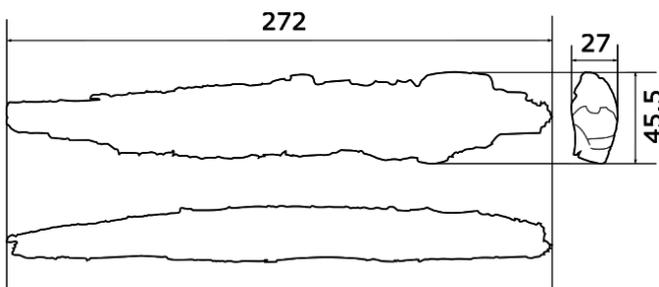
資料 23



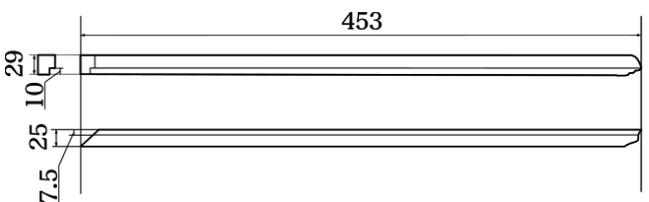
資料 25



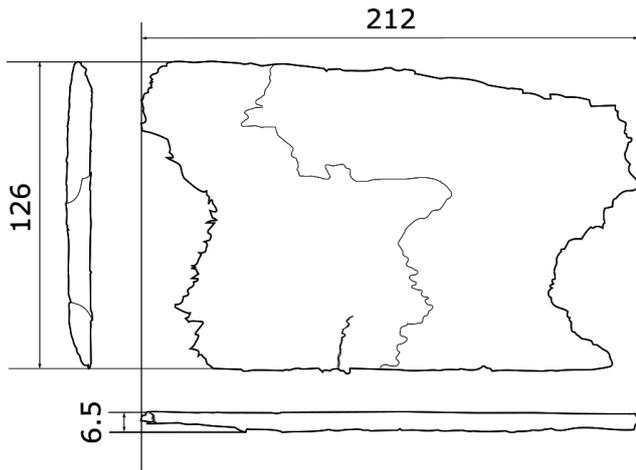
資料 26



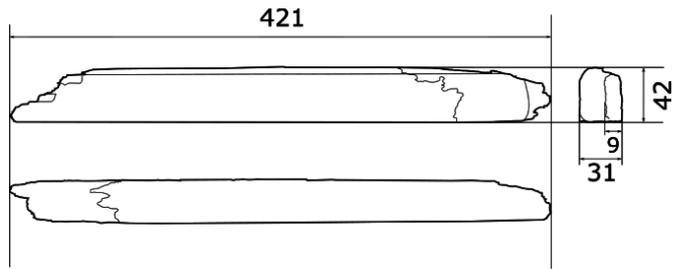
資料 27



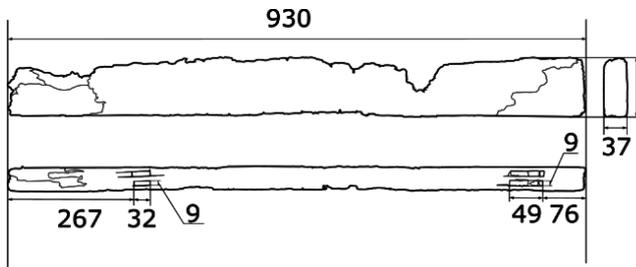
資料 28



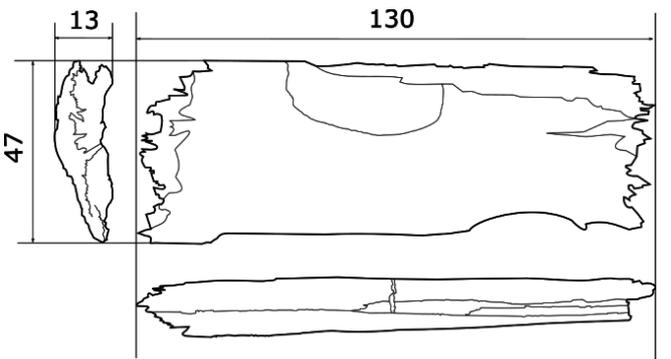
資料 29



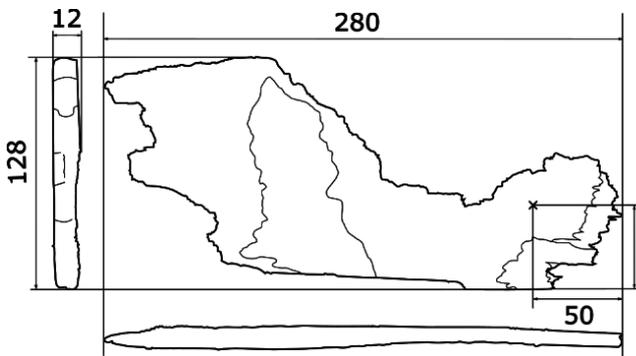
資料 31



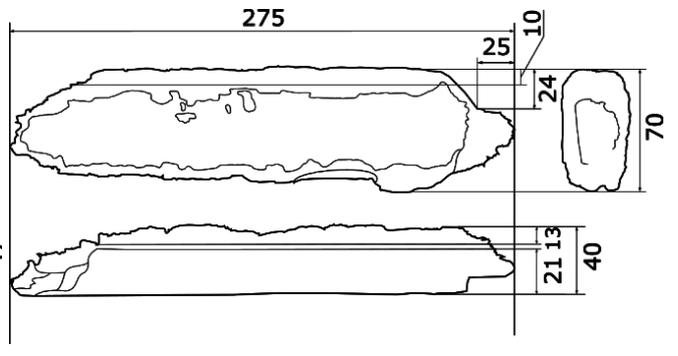
資料 32



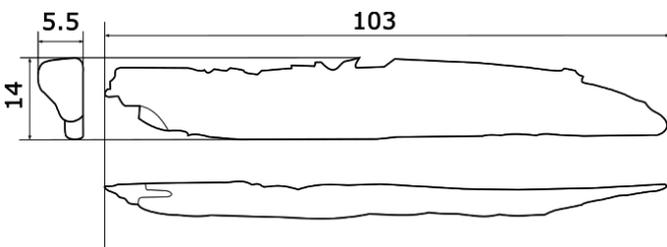
資料 34



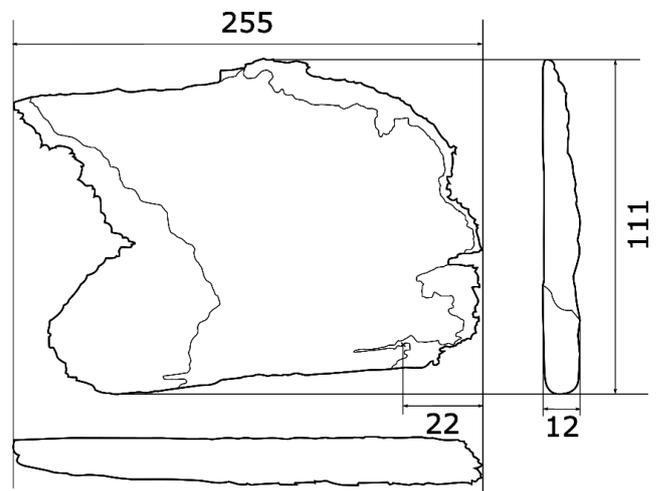
資料 35



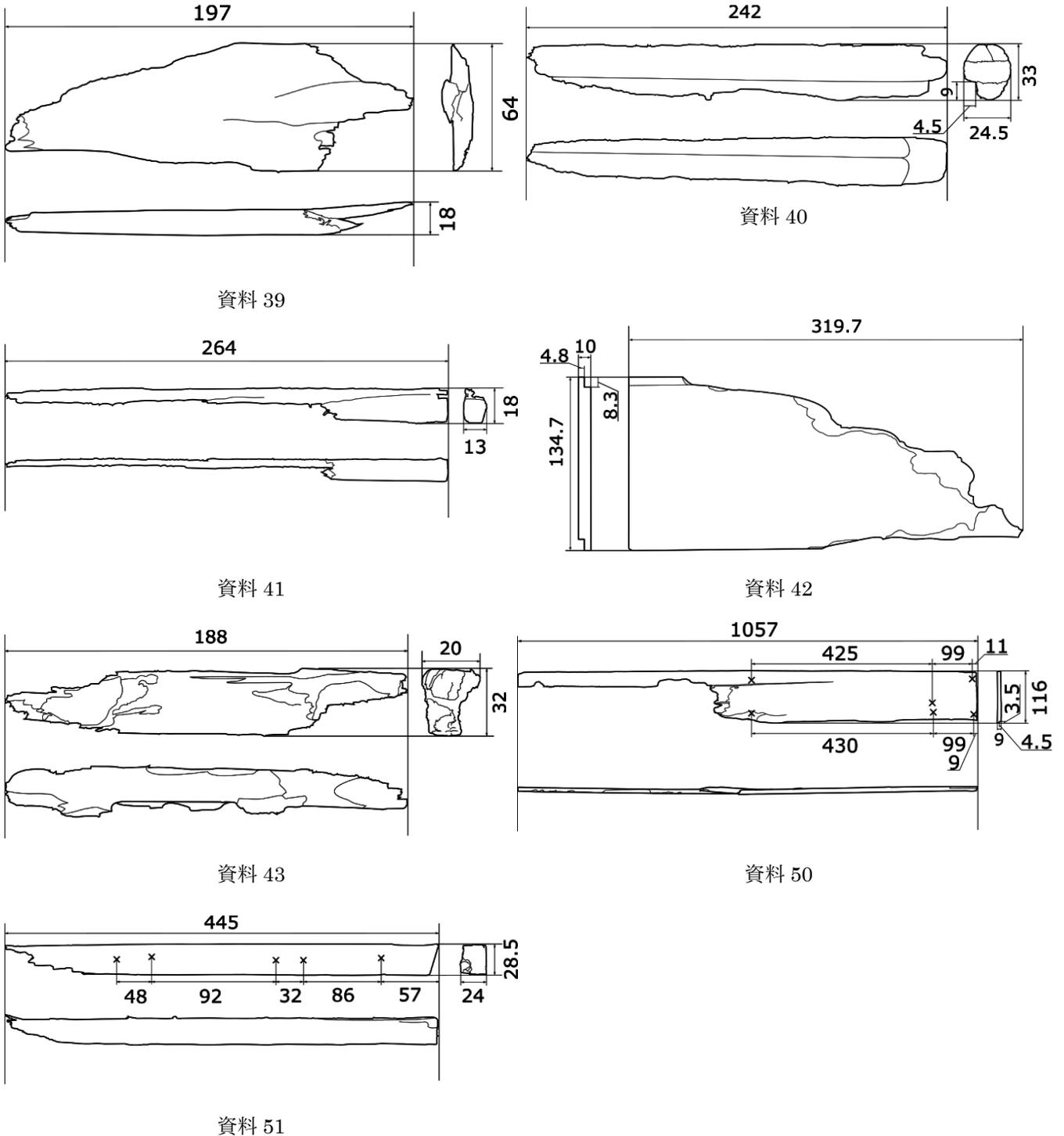
資料 36



資料 37



資料 38



51：角材状の木材である。左側面に断裂した跡が見られ、もとの長さを知ることはできない。その他の面については大きな破損は見られず、良好な状態で残っている。右側面は破損が見られるものの、切断面は良好な状態で残っている。正面から背面にかけて5ヶ所釘が残っている。

5. おわりに

今年度の調査では、約 50 点の資料について記録を行うことができた。しかし、いまだ記録のとれていない資料は多い。残された資料の計測・記録を進めることが、喫緊の課題である。また、それぞれの資料について必要な情報を取りきれているのかも心許ない。今後調査を進めていくなかで適宜修正を加え、充実させていくつもりである。

さて、本稿はあくまでも調査の途中経過を示すものである。ご一読いただければ、調査手法の未熟さや危うさが目につくことであろう。また、木造建築についての知識も乏しく、観察や分析が見当外れな

ものである可能性も高い。こうした手探りの状態で調査を開始し、本稿を発表することは「勇み足」とのご叱責を受けることは容易に想像できる。

そうした問題点を十分認識した上であえて本稿を世に出したのは、第三海軍火薬廠の遺構全体が危機的な状態にあるためである。前述のように、現在でも第三海軍火薬廠の遺構は数多く残っており、砲炸薬成形工場のように木造部分までもが残っているものまで存在する。これほどの状態を保っている戦時中の旧海軍の建造物は、全国的に見てもそれほど多くはないのではないだろうか。文献史料の少ない戦時中の様子を知る手段としては、第三海軍火薬廠の遺構は非常に重要である。その重要性や希少性は、戦後75年を経た今、より重視されてしかるべきであろう。

しかし、第三海軍火薬廠の遺構の歴史的価値は以前から明らかだったにもかかわらず、十分な調査を行ってこず、また適切な保護は行われてこなかった。そのため、今回のように多くのかけがえのない情報を失うという、あってはならない結果を招くこととなった。遺構の最も近くにいた研究者の一人として、責任の重さを痛感している。不十分な状態にもかかわらず、本稿を発表した動機の一つは、貴重な歴史的資料が失われていくことに対する危機感であり、この危機的な現状を広く公表する必要があると考えたためである。また、その貴重な歴史的資料を「見殺し」にしてしまった自分への戒めでもある。

この貴重な資料がこのまま朽ち果てるのを待つなど、あってはならないことである。第三海軍火薬廠についての文献史料は管見の限り非常に少なく、むしろ建造物や遺構などのモノとしての資料の方が充実している。文献史料が限られている以上、舞鶴鎮守府内や海軍において担った役割など、第三海軍火薬廠の持つ歴史的意義を解明するためには、一つ一つの建造物や遺構からの情報が重要な役割を果たすはずである。少なくとも、遺構に適切な保護を加え、現在の状態から得られる情報を一つでも多く記録に残していくことが、文化財を次代に受け継ぐ責務を負う我々には求められよう。

また、この第三海軍火薬廠の姿は、これまで市民の手によって研究が進められ、明らかにされてきた。例えば、関本氏は当時の関係者からの聞き取りを精力的に行い、膨大な量の情報を蓄積し、多くの埋もれていた事実を浮かび上がらせることに成功している⁶⁾。市民が地域に残る歴史的資料を大切に、次代に受け継いでいこうとする活動の好例であろう。こうした努力や成果を絶やさないためにも、目前にある歴史的資料の調査・保護を進めていかなければならない。

同じように朽ち果てるのを待ち、記録も残されず失われていった歴史的資料が市内には多くある。本調査は、第三海軍火薬廠跡をこうした資料の一つにしないための、ささやかな試みでもある。

謝辞：本調査の一部は、公益財団法人大林財団 2018 年度研究助成を受けて実施した。末尾ながら記してお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 千藤三千造『日本海軍火薬史』(日本海軍火薬史刊行会、1967年)
- 2) 舞鶴市史編さん委員会編『舞鶴市史 通史編(下)』(舞鶴市、1982年)
- 3) 舞鶴市史編さん委員会編『舞鶴市史 現代編』(舞鶴市、1988年)
- 4) 永野繁雄『朝来の崩壊から復興まで 回顧録』(1993年)
- 5) 浅野正雄『舞鶴での火薬人生』(2001年)
- 6) 関本長三郎編著『住民の目線で記録した旧日本海軍第三火薬廠』(2005年)

(2020.12.11 受付)

本紙に掲載された論文・報文は、舞鶴工業高等専門学校紀要編集委員会において校閲し、掲載が認められたものである。

令和2年度舞鶴工業高等専門学校紀要編集委員会

委員長 船木 英岳

委員 牧野 雅司, 藤司 純一

編集後記

紀要第56号がここに刊行されました。昨年度から、論文の他に報文も募集することになり、本紀要には、5編の論文と1編の報文が掲載されています。これらの成果が有効に活用されることを望みます。

最後に、今年はコロナ禍で例年以上に校務等で忙殺される中、真摯に研究活動に取り組み、論文を投稿いただいた著者各位に厚く御礼申し上げるとともに、紀要第56号の発刊にご協力いただいた皆様に深く感謝いたします。

2021年3月

紀要編集委員会

委員長 船木 英岳

舞鶴工業高等専門学校紀要
第56号

印刷 令和3年3月31日

発行 令和3年3月31日

編集兼発行 舞鶴工業高等専門学校

〒625-8511 京都府舞鶴市字白屋234番地

電話 0773-62-5600(代)

E-mail gakujou@maizuru-ct.ac.jp

印刷

阿部印刷工業株式会社

