

富山第一銀行奨学財団

助成研究報告書

2024

REPORT OF
SUBSIDIZED
RESEARCH

公益財団法人 富山第一銀行奨学財団

富山第一銀行奨学財団

2024

助成研究報告書

REPORT OF
SUBSIDIZED
RESEARCH

公益財団法人 富山第一銀行奨学財団

公益財団法人富山第一銀行奨学財団による富山県内高等教育機関の先生方の学術研究等への助成事業の運営に当り、多くの皆様にご支援を頂いておりますことをまづもって御礼申し上げます。

当財団では、2006年（平成18年）より例年7月上旬に前年度に研究助成を受けられた先生方の研究成果発表会「研究助成セミナー」を開催しておりましたが、コロナ禍の制約により一時開催を断念せざるを得なくなり、その代替として2021年7月より「(公財)富山第一銀行奨学財団助成研究報告書」を発刊・公開させて頂くこととしました。

その後はこれを機に=本報告書が研究活動の更なる深化の一助となれば=との思いから、「セミナー」開催の有無に拘わらず発刊・公開させて頂いております。

本誌の編纂にあたり、教育機関の先生方並びに事務局の方々に大変なご尽力を賜りましたことに重ねてお礼申し上げます。

さて、当財団は1959年（昭和34年）に富山相互銀行（現、富山第一銀行）の社長・二代金岡又左衛門氏の死去に伴い御遺族からの弔慰金500万円の寄付と銀行からの500万円の計1,000万円を基本財産として、富山県人で才能と将来性ある学生さん（高校生・大学生対象）へ奨学金の給・貸与を行って、人材育成に資する目的で財団法人富銀育英会が設立されたことからスタートしており、富山県内では最も古い財団の一つであります。

その後、基本財産は主に銀行及び銀行の関連会社、そしてその役職員・OBの方々からの寄付等により充実が図られてきました。一方で、事業目的は奨学金の給・貸与事業に加えて1984年（昭和59年）より主として富山県内の高等教育機関（高等学校・大学校）・教育関係諸団体等への設備・研究活動等への助成事業を、2021年（令和3年）には地方創生の観点から、科学技術・学術研究分野での秀れた研究成果を顕彰する「(公財)富山第一銀行奨学財団賞」を創設するなど、事業活動の充実を図ってまいりました。

こうしたことにより、当財団では、育英事業、助成事業、顕彰事業を財団運営の三本柱として鋭意取り組んでいるところであります。

最後になりますが、本誌に掲載されました研究成果が富山県内、更には我が国の産学官の関係者の皆様方及び教育関係者の皆様方で活用され、地域の、更には広く社会の発展に寄与し、また願わくばその成果が「財団賞」（顕彰制度）の受賞にもつながっていくことを期待しております。

以上、引き続き当財団に対しましてご支援賜りますようお願い致しまして、本誌発刊のご挨拶と致します。



(公財)富山第一銀行
奨学財団
理事長 野村 充

当財団設立以来の主な事業の概要

(2024年(令和6年)6月現在)

1. 学生さんへの奨学金の給・貸与事業 (現在は大学・院生のみ)
1959年(昭和34年)～
奨学生累計365名(内訳:大学生223名 短大生29名 高専生5名 高校生108名)
2. 富山県内公・私立高等学校全校に対する設備・教育資機材導入への助成事業
(1984年(昭和59年)～2009年(平成21年))
延べ53校、助成額11,450千円
3. 富山県内教育関係諸団体(公益社団法人富山県教育会、富山県理科教育振興会、富山県家庭科教育振興会への助成事業
1984年(昭和59年)～
延べ118団体、助成額18,230千円
4. 富山県内高等教育機関(富山大学、富山県立大学、富山国際大学、富山短期大学、富山高等専門学校(いずれも統合前を含む)及び高岡法科大学(令和4年度より))の先生方の研究活動への助成事業
1984年(昭和59年)～
延べ1,005研究、助成額511,900千円
5. 顕彰事業
 - (1). 第一回(令和4年度)「(公財)富山第一銀行奨学財団賞」の受賞者の決定と表彰式(2022年7月8日)
特別賞:1名、努力賞:1名(研究テーマ、氏名は省略)
 - (2). 第二回(令和5年度)「(公財)富山第一銀行奨学財団賞」の受賞者の決定と表彰式(2023年7月7日)
特別賞:富山県立大学 准教授 古澤 裕之 氏
研究テーマ「機能性素材による腸内細菌を介した免疫機能の調節と疾患予防」
奨励賞:富山大学 助教 廣島 渚 氏
研究テーマ「宇宙物理学的アプローチによる暗黒物質についての理論研究」
 - (3). 第三回(令和6年度)「(公財)富山第一銀行奨学財団賞」の受賞者の決定と表彰式(2024年7月5日)
特別賞:富山県立大学 准教授 寺島 修 氏
研究テーマ「カーボンニュートラルの実現に貢献する機械システムの環境負荷低減技術の開発」
奨励賞:富山大学 助教 川筋 仁史 氏
研究テーマ「腸内細菌叢を基盤とした薬剤耐性菌定着リスクスクリーニング法の実装と新たな保菌・発症前予防戦略への展開」
努力賞:富山県薬事総合研究開発センター 主任研究員 高山 信幸 氏
研究テーマ「誘導結合プラズマ質量分析計を活用した医薬品中の元素不純物分析法の確立」

以上

発刊に寄せて 2

富山大学

- 高齢者の幸福と認知機能・身体機能促進に寄与する要因の解明
学術研究部 薬学・和漢系 助教 稲田 祐奈 7
- 呉羽山礫層の古地磁気層序
学術研究部 都市デザイン学系 准教授 川崎 一雄 12
- 安全なゲノムの書き換えを実現するDNA結合タンパク質の開発
学術研究部 工学系 准教授 迫野 昌文 21
- 祭りの継承に関わる人びとと組織のあり方に関する人類学的研究
 : 北陸地域の獅子舞を対象として
学術研究部 芸術文化学系 講師 田邊 元 26
- クリックケミストリーを利用した新規人工核酸の開発
学術研究部 薬学・和漢系 准教授 千葉 順哉 36
- COVID-19 感染早期免疫応答の解明と画像診断法の確立
学術研究部 医学系 准教授 長岡 健太郎 40
- メタボリック症候群の予防を目指したヒト腸内細菌の作用機序の解明
学術研究部 医学系 准教授 藤坂 志帆 50
- 睡眠時における記憶痕跡の活動動態
学術研究部 医学系 准教授 宮本 大祐 55
- 機能性の精密制御容易な光応答性化合物の創出
学術研究部 理学系 助教 吉野 惇郎 59
- 農薬曝露による神経発達障害モデルにおけるシナプス・分子病態の解明
学術研究部 医学系 准教授 吉田 知之 64

富山県立大学

- ニュートリノのマヨラナ性の探索
工学部 教養教育センター 准教授 石田 裕之 ……71
- 柔らかい外装をしたロボットによる柔らかいものの自律的把持
工学部 知能ロボット工学科 教授 小柳 健一 ……75
- 富山県中小河川を対象とした洪水予測とデジタルツインでの可視化・避難誘導の試み
工学部 環境・社会基盤工学科 准教授(現教授) 呉 修一 ……79
- 富山県の地下水・水道水中PFAS の分布と汚染源解析
工学部 環境・社会基盤工学科 准教授(現教授) 黒田 啓介 ……87
- 富山県における河川浮遊ゴミの年間流出量把握と河川間比較
工学部 環境・社会基盤工学科 准教授 久加 朋子 ……94
- 水銀パッシブサンプラーを用いた富山県内の大気中水銀濃度の水平分布の把握
工学部 環境・社会基盤工学科 講師 中澤 暦 ……103
- 植物培養細胞における「休眠」二次代謝の覚醒による有用物質生産技術の開発
工学部 生物工学科 教授 野村 泰治 ……109

富山国際大学

- 保育施設における室内外空气中微生物の遺伝子解析
現代社会学部 現代社会学科 教授 高橋 ゆかり ……113
- ある中山間地域の情報を集約するWebサイトを通じた地域活性化の要因の探索
現代社会学部 現代社会学科 准教授 豊岡 理人 ……118
- 富山の地域文化を伝えるための日本語と英語の比較修辞学研究
現代社会学部 現代社会学科 准教授 M. フランク ……123
- ケアマネジメント実践におけるヤングケアラー支援の検討
子ども育成学部 子ども育成学科 教授 相山 馨 ……126
- 文学の読みの授業における「語り」の概念の獲得
子ども育成学部 子ども育成学科 講師 岩崎 直哉 ……134

高岡法科大学

- 海洋空間における非国際的武力紛争と国際法 — 中台武力紛争を想起して —
法学部 教授 吉田 靖之 …………… 145

富山短期大学

- 介護技能実習が職務態度に与える影響 — 個人-組織適合の媒介効果 —
健康福祉学科 准教授 小平 達夫 …………… 155
- 食パンの副材料としてのエゴマの搾りかすの有用性に関する研究
食物栄養学科 講師 角田 香澄 …………… 165

富山高等専門学校

- 後期高齢者に変わる極厳環境下で働く
遠隔操作ロボットの繰り返し負荷耐久特性に関する基礎研究
機械システム工学科 准教授 石黒 農 …………… 173
- ナノ・マイクロ粒子分散液の配列凝固とその材料特性評価
商船学科 准教授 経田 僚昭 …………… 183
- 富山県発祥のスポーツ「ビーチボール」愛好者の特性から
レクリエーションスポーツの普及発展の未来を探る
一般教養科 講師 中村 祐太郎 …………… 189
- 1980年代を中心とした北陸における社会運動文化の形成と展開
一般教養科 助教 加島 正浩 …………… 199
- 表示機への投光方式による人の視覚認知能力の変化に関する検討
一般教養科 准教授 紙谷 智 …………… 206

研究題目	高齢者の幸福と認知機能・身体機能促進に寄与する要因の解明
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部 薬学・和漢系/助教・稲田祐奈
分野	神経心理学
キーワード	幸福度、認知機能、身体機能

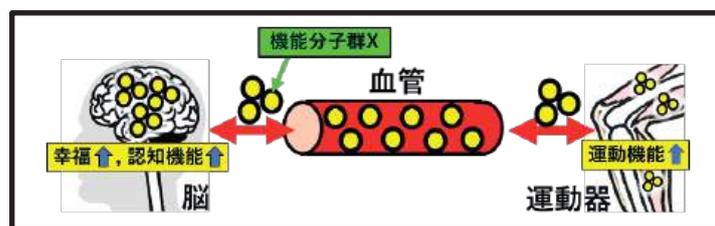
1. 研究の背景と目的

精神的概念である幸福と、健康状態との関連性について多くの報告がなされている。例えば、身体活動の促進が高齢期の幸福度の悪化を抑制すること(Wang et al., 2012)、認知機能のレベルは幸福度と相関することが明らかとなっており(Wilson et al., 2013)、心身の健康状態や機能はそれぞれが関連し、相互的に寄与していると考えられる。つまり幸福で健康な状態では、少なくとも幸福や認知を司る脳のみならず、運動器、心臓などの複数の臓器が良い状態を保っていると予想される。

我々は幸福と、高齢者の日常生活に大きく関わる認知機能と身体機能の連関に着目した。幸福と認知機能・身体機能の全てが良い状態に保たれる理由として、何らかの機能分子が脳あるいは運動器で生成・分泌され、身体の中を循環して幸福度や認知機能を司る脳と、身体機能や日常生活の活動に関わる運動器に届いて幸福や機能を促進させるエンドクラインフィードバックのプロセスがあると考え、この証明によって幸福と認知機能・身体機能とのつながりの実体が明らかにできるのではないかと考えた。ヒトにおいてはこの機能分子群の存在を、全身を循環する血漿から調べ、また動物研究によって機能分子の体内動態、到達臓器や到達過程を知ることができれば、幸福、認知機能、身体機能の因果関係も明らかにできる可能性がある。このように一連の機構として捉えて機能分子があると仮定すると、これまで明らかにされてこなかった幸福と認知機能・身体機能の関連性の実体の解明に近づけると我々は考えた。

そこで本研究では、幸福と認知機能・身体機能を促進させることには、脳から運動器、あるいは運動器から脳へ移行するいくつかの機能分子群の働きが寄与していることを明らかにし、幸福と認知機能・身体機能が相互作用しながら

向上するメカニズムを解明する。そのためまずは幸福感の亢進と脳機能、運動機能向上に寄与する機能分子 X をヒト観察研究により探索した。さらに、この機能分子 X が本当に脳や骨格筋等の関連臓器(脳・筋肉)に存在するのかを動物実験により検討した。



本研究の仮説

2. 研究方法の概要

検討1) ヒト観察研究

日常生活に支障のない認知機能、身体機能を維持している65歳以上の健常高齢者45名(72.78 ± 5.23 years (男性24名、女性21名))を対象に、幸福度、認知機能、身体機能、日常活動量の測定、日常生活実態調査及び、血漿を採取した(実施項目は方法の詳細を参照)。

方法の詳細

- ・対象: 65歳以上の健常高齢者
- ・評価項目:
 - WB: Oxford Happiness Questionnaire (OHQ), QOL (WHO-QOL26)
 - 採血(血漿)
 - 認知機能: Mini Mental State Examination (MMSE), Wechsler Adult Intelligence Scale—4th Edition (WAIS-IV)
 - 身体機能: 2ステップテスト、5m歩行テスト、立ち上がりテスト、Locomotive syndrome questionnaire (GLFS-25)
 - 日常活動量: 加速度計による消費カロリー、歩数、運動強度計測

本研究の前提として、本当に幸福と認知機能、身体機能が関連するのかを確認するために、血漿データ以外の全ての測定データについて、共分散構造分析により因果関係を検討した。また、個別に幸福度、認知機能・身体機能の高さを定量後、測定項目のパターンの違いによって被験者を群分けし、群ごとに1つの血漿サンプルを作製した。各群の血漿中のタンパク質を定量的プロテオーム解析(Tandem Mass Tag法)によって、網羅的に定量・群間比較した。この解析から、幸福度依存的に変化したタンパク質を、機能分X子候補とした。その後、機能分子が本当に幸福度依存的に増減しているかを調べるため、機能分子Xを個別にELISA法により定量し、幸福度との相関を算出した。

検討2) 動物実験

機能分子Xが本当に機能の関連臓器(脳・筋肉)及び血漿中に存在するか、またヒト研究のように機能分子Xは情動に関連するのかを、マウス実験により検討した。しかしマウスの幸福度を測定する、あるいは幸福度の高いマウスを作製することは現状困難であることから、本研究では、抗うつ効果が期待できるEnriched environmentを施すことで、これを高幸福マウスとして実験に用いることとした。Enriched environmentでは通常よりも物理的視覚的に刺激の多い環境で飼育し、これにより抗うつおよび抗不安効果があることが多くの研究から示されている(Brenes JC et al., 2008; Benaroya-Milshtein et al., 2004 etc.)。

Enriched environment (図1(A))マウスと通常の飼育環境に置いたStandard environment (図1(B))マウスを6週間それぞれの環境で飼育し、その後、血漿、全脳、骨格筋を摘出し、各臓器に機能分子が存在するかを検討した。脳は摘出した全脳を-30℃で凍らせた後、脳組織切片を作製し、機能分子の抗体を用いた蛍光免疫染色により、局在および蛍光量を測定した。骨格筋である前脛骨筋は-30℃で凍結後、破碎してlysateを作製した。血漿および前脛骨筋におけるProtein Xの定量を、抗Protein X抗体を用いたWestern Blottingにより行った。

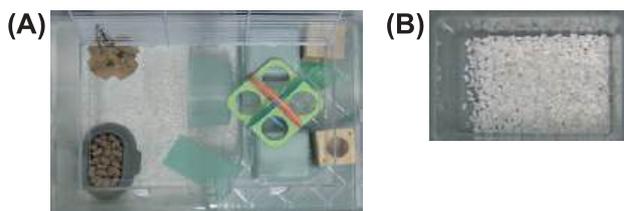


図1. Enriched/Standard environmentの飼育条件

(A) Enriched environment:

大ケージ (55 × 39 × 27cm) 内で集団飼育し、16種類の玩具をケージ内に入れた。

(B) Standard environment:

通常ケージ (23 × 16.5 × 12cm) 内で集団飼育を行った。

3. 研究成果

3-1. 健常高齢者における幸福度、認知機能、身体機能の因果関係の検討

65歳以上の健常高齢者45名に対して測定した幸福度、認知機能、身体機能、日常活動量の因果関係を共分散構造分析により検討したところ、図2のような結果が最適モデルとして得られた(モデル適合度: $\chi^2 = 76.59, p = 0.117, GFI = 0.800, AGFI = 0.712, CFI = 0.946, RMSEA = 0.070$). 健常高齢者の心身の健康状態において、日常活動量は身体機能の高さを説明し、身体機能の高さは、認知機能の高さを説明し、認知機能の高さはQOLと幸福度を説明するという一続きの因果関係があることが示された(Inada & Tohda, 2023).

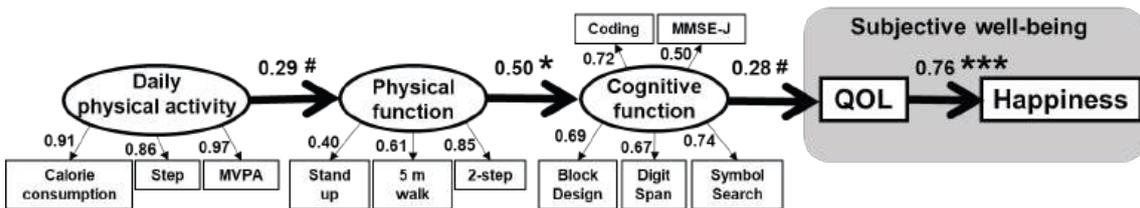


図2. 共分散構造分析により得られた幸福度、認知機能、身体機能の因果関係の最適モデル

3-2. 幸福度に依存して血漿中で増える機能分子Xの探索

65歳以上の健常高齢者45名を幸福度によって被験者を4群に分けて、4群の血漿タンパク質を定量的プロテオーム解析によって網羅的に比較した。その結果、163のタンパク質について群差が生じた。この163個のうち、群間比較で幸福度の高い順に血漿中で高値を示すタンパク質であるProtein X (秘匿のため仮名)を機能分子候補として見出した。Protein Xはヒトにおいて様々な脳神経疾患患者の血中や脳脊髄液中で低下することが複数報告されている。Protein Xと高齢者45名の幸福度の相関を調べたところ、有意な相関が見られた(図3; Spearman's $r = 0.335, p = 0.033$)。

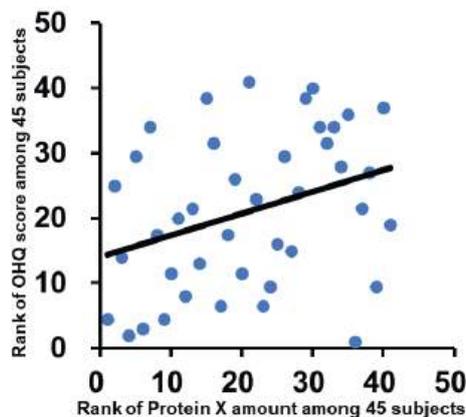


図3. Protein Xと幸福度の相関図

3-3. Protein X は Enriched environment マウスで増加するのか

飼育環境を操作することでうつ様行動が減少するマウスを作製し、これを高幸福度状態のマウスと仮定し、Protein X の局在を調べたところ、骨格筋のうち前脛骨筋の Protein X 量が Enriched environment マウスで高くなることを確認された(図 4(A))。脳においては海馬采と海馬歯状回、嗅球で、Protein X の発現が見られたが、群差はみられなかった(図 4(B))。血漿中の Protein X 量の測定を試みたが、Protein X の分子量付近に、Protein X 以外の分子と考えられるバンドが広範囲にわたって見られ、Protein X のバンドを評価できなかった(データ未掲載)。動物実験については、ごく限られた部位での検討しか行えておらず、また再現性を確認できていないため、引き続き検討を継続する。

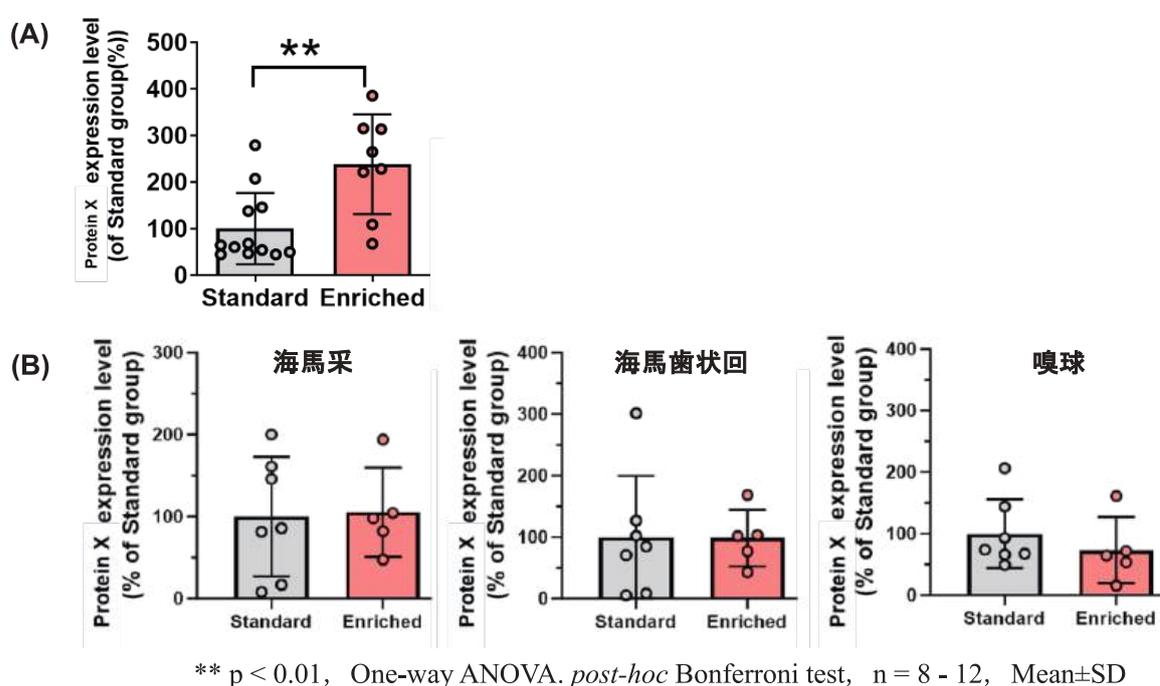


図 4. Protein X 量の測定結果
(A) 前脛骨筋 (B) 海馬采、海馬歯状回、嗅球

4. 今後の展望

本研究により、健常高齢者の幸福度に関連して増減している Protein X を見出した。またこの Protein X はマウスの脳や筋肉に存在することも確認された。このことから、本研究で設定した仮説である、Protein X が脳や運動器等全身を、血液を介して循環し、脳・運動器に良い作用をもたらしているという仮説に相違しない結果が得られているが、これらは断片的な結果に過ぎず、本当に Protein X が幸福度を上げる、あるいは幸福度が高いことを反映して血漿中で上がるのか、また Protein X 自体が全身を循環することでよい作用をもたらしているのか等明らかでないことばかりである。これらを証明するために、本研究の検討 2 を引き続き継続するほか、幸福度を上げる介入により Protein X が増加するのかを証明する介入臨床研究および、Protein X を血漿中で

人為的に増加させることで、情動状態、認知機能、運動機能等に変化が生じるのかを検討する動物実験を実施予定である。

5. 参考文献

1. Wang F, Orpana HM, Morrison H, de Groh M, Dai S, Luo W. Long-term association between leisure-time physical activity and changes in happiness: analysis of the Prospective National Population Health Survey. *Am J Epidemiol*. 2012 Dec 15;176(12):1095-100.
2. Wilson RS, Boyle PA, Segawa E, Yu L, Begeny CT, Anagnos SE, Bennett DA. The influence of cognitive decline on well-being in old age. *Psychol Aging*. 2013 Jun;28(2):304-13.
3. Brenes JC, Rodríguez O, Fornaguera J. Differential effect of environment enrichment and social isolation on depressive-like behavior, spontaneous activity and serotonin and norepinephrine concentration in prefrontal cortex and ventral striatum. *Pharmacol Biochem Behav*. 2008 Mar;89(1):85-93. doi: 10.1016/j.pbb.2007.11.004.
4. Benaroya-Milshtein N, Hollander N, Apter A, Kukulansky T, Raz N, Wilf A, Yaniv I, Pick CG. Environmental enrichment in mice decreases anxiety, attenuates stress responses and enhances natural killer cell activity. *Eur J Neurosci*. 2004 Sep;20(5):1341-7. doi: 10.1111/j.1460-9568.2004.03587.x.
5. Inada Y, Tohda C. Causal Relationships between Daily Physical Activity, Physical Function, and Cognitive Function Ultimately Leading to Happiness. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Feb 9;20(4):3016. doi: 10.3390/ijerph20043016.

研究題目	呉羽山礫層の古地磁気層序
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部都市デザイン学系・准教授・川崎 一雄
分野	地球惑星科学
キーワード	古地磁気学, 呉羽山礫層, 再帯磁

1. 研究の背景と目的

この研究は、呉羽山丘陵で認められる呉羽山礫層の砂層に着目し、古地磁気学の手法から堆積年代を推定することを目的とする。呉羽山丘陵は、富山積成盆地の富山中部隆起域に属し、富山平野西縁をなす鮮新世後期から更新世後期の碎屑性堆積物（坂本ほか, 1959）からなり、呉羽山礫層はその構成堆積層の一つである。富山県（1997）で行われた呉羽山丘陵を横切る反射法地震探査の結果、呉羽山断層は丘陵東縁の崖から南東へ 1 km 離れた地点で地表に達する西傾斜の断層であると考えられ、呉羽山丘陵はその呉羽山断層の背斜構造の一部である。金谷ほか（2001）は丘陵中南部では中期更新世の長慶寺砂層堆積後に背斜構造の形成が始まり、その後呉羽山礫層が堆積し逆断層運動が顕在化したと報告している。そのため呉羽山断層の活動史を解明する上で呉羽山礫層の堆積年代は重要であるが、呉羽山礫層中は化石やテフラなどの鍵層が乏しく、呉羽山礫層上部の桃色凝灰岩層 (pt) と下位の長慶寺砂層中の長慶寺火山灰層 (Chk) の間である 0.60 Ma - 2.2 Ma の堆積年代より詳細な年代情報の報告例はない。一方、予察的研究として呉羽山丘陵から採取されたボーリングコア試料を対象とした古地磁気測定では、呉羽山礫層から地磁気の逆転層の存在が示唆されている。本研究は、野外露頭から連続的に採取する試料を対象にした古地磁気・岩石磁気解析から、予察的研究で示唆された逆帯磁層を同定し、古地磁気層序を確立することを目的とする。得られた結果より、呉羽山礫層の堆積年代や堆積速度を推定するとともに、逆転層が同定できれば地磁気逆転の様相を検討する。

2. 地質概要

呉羽山丘陵は富山積成盆地の中央に位置しており、東側の富山平野と西側の射水平野を隔てている。富山積成盆地には新第三紀後半と第四紀の地層だけが分布し、これらの地層は下位の先中生代の飛騨変成岩類、花崗岩類、中生代手取層群などを一様に覆って分布する(坂本, 1963)。呉羽山丘陵周辺には下位から新第三紀の海成層

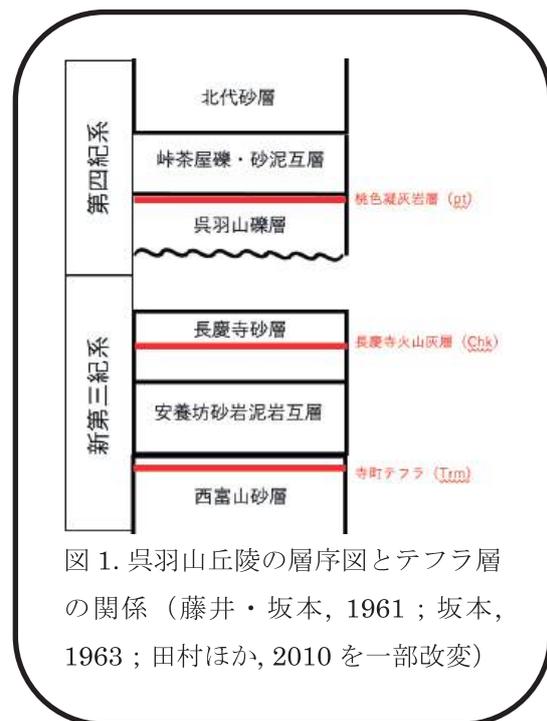


図 1. 呉羽山丘陵の層序図とテフラ層の関係（藤井・坂本, 1961；坂本, 1963；田村ほか, 2010 を一部改変）

である西富山砂岩層、安養坊砂岩泥岩互層、長慶寺砂層が整合に重なり、その上を呉羽山礫層が不整合に覆っており、呉羽山礫層の上位には峠茶屋礫・砂泥互層、北代砂層が整合に重なる（藤井・坂本, 1961）（図 1）。呉羽山礫層は富山平野を取り巻いて断続的に分布する扇状地礫層で、背後の山地由来の巨礫花崗岩を含む（坂本・野沢, 1960；田村ほか, 2010）。

呉羽山丘陵周辺の層序の中から複数のテフラが報告されており、田村ほか（2010）により、西富山砂岩層中から寺町テフラ層（Trm）が、長慶寺砂層中から長慶寺火山灰層（Chk）が、呉羽山礫層の上部から桃色凝灰岩層（pt, 坂本, 1963）があり、寺町テフラ（Trm）は大田-Znp テフラ（3.7 - 3.9 Ma）と、長慶寺火山灰層（Chk）は谷口テフラ（Tng）（2.2 - 2.3 Ma）と、桃色凝灰岩層（pt）は上宝テフラ（KMT）（0.6 Ma）と対比される。なお、呉羽山丘陵周辺では長慶寺砂層中で認められた谷口テフラは、富山平野東部の上市町白岩ムクロジ沢では呉羽山礫層の中部層準に狭在すると考えられる。

3. 研究方法

3.1. 試料採取

研究を実施するために、呉羽山丘陵を横断する県道 44 号線より南側の 5 サイト（サイト 1-5）で試料採取を行った（図 2）。試料は露頭より 7 cm³ プラスチックキューブを用いて磁気コンパスを用いて定方位で採取した。サイト 1 は県道 44 号線横のスカイライン道路沿いに位置しており、露頭観察よりから後述のサイト 2 よりやや下位に位置すると考えられるため、サイト 1 はサイト 2 で認められる桃色凝灰岩層（pt）より下位と考える。露頭上部の大きな礫を含んだ礫層と、その下位の砂層から成る露頭で、試料は砂層部分から同一層準で 3 個ずつ 5 層準から合計 15 試料を採取した。なお、最下位の試料から最上位の試料までの高さは約 23.5 cm である。



図 2. 試料採取地点（国土地理院 電子タイル（淡色地図）を一部加工して作成）

サイト 2 は県道 44 号線からスカイラインを進んだ道路沿いにある電波塔下の露頭で、サイト 1 より西に約 50 m 進んだ位置となる。露頭は、上位より桃色凝灰岩層 (pt) , 砂層, 砂礫層, 白黒の粘土層, 赤色の粘土層からなる。試料は上部の砂層, 砂礫層部分からは同一層準で 1 個ずつ 4 層準, 下部の粘土層部分からは同一層準で 2 個ずつ 6 層準 (ただし, 最下位は 1 個で 1 層準) の合計 15 試料を採取した。最下位の試料から最上位の試料までの高さは約 100 cm であった。

サイト 3 は JR 高山本線西富山駅北東にある寺町けやき台公園北側の斜面を約 10-15 m 登った地点で、上部の砂泥互層と、下部の砂層からなる露頭である。サイト 3 の地層の走向は 276°, 傾斜は 52° である。なお、走向傾斜は Right-Hand Rule で測定している。露頭より下位で白色の寺町テフラ (Trm) が認められる。試料は上部の砂泥互層部分から同一層準で 3 個ずつ 4 層準, 下部の砂層部分から同一層準で 3 個ずつ 4 層準から合計 27 試料を採取した。最下位の試料から最上位の試料までの高さは約 63 cm であった。

サイト 4 はサイト 3 より東側に約 20 m の位置しており、サイト 3 と同一層準と考えられる。サイト 3 同様に露頭より下位で Trm が認められる。サイト 4 の地層の走向は 249°, 傾斜 42° である。露頭は、上位より砂層, 小さい礫を含む砂礫層, 砂層からなり、試料は上部の砂層部分から同一層準で 3 個ずつ 3 層準, 砂礫層部分から同一層準で 3 個ずつ 3 層準, 下部の砂層部分から同一層準で 3 個ずつ 4 層準の合計 30 試料を採取した。最下位の試料から最上位の試料までの高さは約 126 cm であった。

地点 5 は呉羽丘陵多目的広場駐車場から北西に約 100 m の位置にある。サイト 1-4 との層序関係は不明瞭であるが、坂本 (1963) より桃色凝灰岩層より下位にあり呉羽山礫層または長慶寺砂層と考えられる。露頭は全体的に砂層からなり、最下位から 16.5 cm から 23.5 cm では同一層準で 3 個ずつ 3 層準, 他では同一層準で 2 個ずつ 5 層準の合計 19 試料を採取した。最下位の試料から最上位の試料までの高さは約 27.5 cm であった。

3. 2. 実験手法

採取試料の初磁化率は、Bartington 社製 MS2-B 初磁化率計を用いて測定した。なお、1 試料につき 3 回測定し、その平均値を採用し、試料の重量を用いて質量初磁化率を求めた。

試料の自然残留磁化 (NRM) は 2G Enterprises 社製パススルー型 760R 超伝導磁力計を用いて測定した。試料の NRM を測定後は、0, 3, 6, 9, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60 mT の 12 段階で段階交流消磁実験を行った。なお、一部の試料については、80, 100 mT での交流消磁段階を追加した。測定結果は、ザイダーベルト投影法 (Zijderveld, 1967) と主成分解析法 (Kirschvink, 1980) を用いて解析し、原点に向かう直線性が認められる 3 消磁段階以上の残留磁化成分を試料の安定な固有残留磁化 (ChRM) とした。なお、本研究では、直線性は原点を通る直線の最大角分散 (MAD) が 15° 未満になることを条件とした (小玉, 1999)。

試料に含まれる磁性鉱物の種類とその磁区構造を推定するため、各採取地点から代表的な 2~3 個の試料を対象に岩石磁気分析を実施した。熱磁気分析では栄光電機製熱磁気天秤 EB-CA3 を

用いて、直流磁場下で、空気中にて $8^{\circ}\text{C}/\text{分}$ の加熱・冷却速度で室温から 720°C まで昇温後、室温まで冷却し、誘導磁化の変化を測定した。磁気ヒステリシス測定は Lake Shore 社製 PMC MicroMag 試料振動型磁力計 (VSM) 3900-04RK を用いて実施した。最大印加磁場 1.0 T で測定を行い、ヒステリシス曲線より保磁力 (H_c)、飽和磁化 (M_s)、飽和残留磁化 (M_{rs}) を得て、その後、 M_{rs} に対する段階的な直流消磁と残留磁化測定により残留保磁力 (H_{cr}) を求めた。

4. 研究成果

4.1. 残留磁化方位

段階交流消磁の結果、地点 1 と地点 2 及び地点 5 では低消磁段階 ($0\text{--}6\text{ mT}$) で消磁される原点に向かわない不安定成分とそれ以降の消磁段階で原点に向かう安定成分の 2 成分が認められた (図 3abe)。一方、サイト 3 と 4 では同様な低消磁段階で消磁される試料は数個にとどまり、多くの試料で低消磁段階から高消磁段階まで直線的に原点に向かう安定な一成分が認められた (図 3cd)。なお、本研究では安定な磁化成分として原点に向かう $\text{MAD} < 15^{\circ}$ を満たす直線成分としたが、サイト 1~4 では全試料が $\text{MAD} < 5^{\circ}$ を示した。

各試料の ChRM 方向から求めたサイト平均 ChRM 方向は以下の結果となった。サイト 1: 試料数 $N = 15$, 偏角 $D = 4.7^{\circ}$, 伏角 $I = 59.4^{\circ}$, 95%信頼限界円錐 $\alpha_{95} = 10.3^{\circ}$, 集中度パラメータ $k = 14.8$ (Fisher, 1953), サイト 2: $N = 15$, $D = 13.4^{\circ}$, $I = 62.2^{\circ}$, $\alpha_{95} = 6.8^{\circ}$, $k = 32.6$, サイト 3: $N = 27$, $D = 11.3^{\circ}$, $I = 45.6^{\circ}$, $\alpha_{95} = 5.5^{\circ}$, $k = 26.8$, サイト 4: $N = 30$, $D = -0.1^{\circ}$, $I = 46.6^{\circ}$, $\alpha_{95} = 2.0^{\circ}$, $k = 168.$, サイト 5: $N = 15$, $D = 0.9^{\circ}$, $I = 47.2^{\circ}$, $\alpha_{95} = 9.6^{\circ}$, $k = 16.8$ 。なお、サイト 3 と 4 は傾動補正前の値である。また、現在の呉羽山の地磁気方向は $D = -8.5^{\circ}$, $I = 51.3^{\circ}$ (IGRF-13) である。

同一層準と考えられるサイト 3 と 4 は傾動が認められたため傾動補正後の地点平均 ChRM 方位を求め、褶曲テスト (Watson and Enkin, 1993) を行った。その結果、unfolding が 0% の時は $k = 207.3$ で 100% の時は $k = 30.6$ を示し、褶曲テストは不合格であった (図 4)。したがって、少なくともサイト 3 と 4 で認められた ChRM は、褶曲後に再帯磁したものと考えられる。

4.2. 岩石磁気

初磁化率の測定結果、各サイトの平均初磁化率は、サイト 1: $4.65 \pm 0.96\text{ m}^3/\text{kg}$ (試料数 $N = 15$)、サイト 2: $15.79 \pm 18.48\text{ m}^3/\text{kg}$ ($N = 15$)、サイト 3: $9.55 \pm 3.20\text{ m}^3/\text{kg}$ ($N = 27$)、サイト 4: $12.76 \pm 6.93\text{ m}^3/\text{kg}$ ($N = 30$)、サイト 5: $0.61 \pm 0.06\text{ m}^3/\text{kg}$ となった。サイト 2 は、露頭下部で認められた黒色の粘土層試料で他の試料よりも顕著に高い値となった。また、サイト 5 は他の 4 サイトよりも一桁弱い初磁化率を示した。これらの層は、今後の呉羽山丘陵における同様な古地磁気研究において、地層の対比等に用いることができる可能性がある。

熱磁気分析の結果、全ての測定試料で温度上昇に伴い緩やかに磁化が減少していき、 580°C 付近で磁化が消失する傾向が認められた (図 5)。なお、サイト 1 の 1 試料については 330°C 付近で磁化の減少も認められた。

磁気ヒステリシス測定から得られた H_c , M_s , M_{rs} , H_{cr} の4種のパラメータを用いて, Day

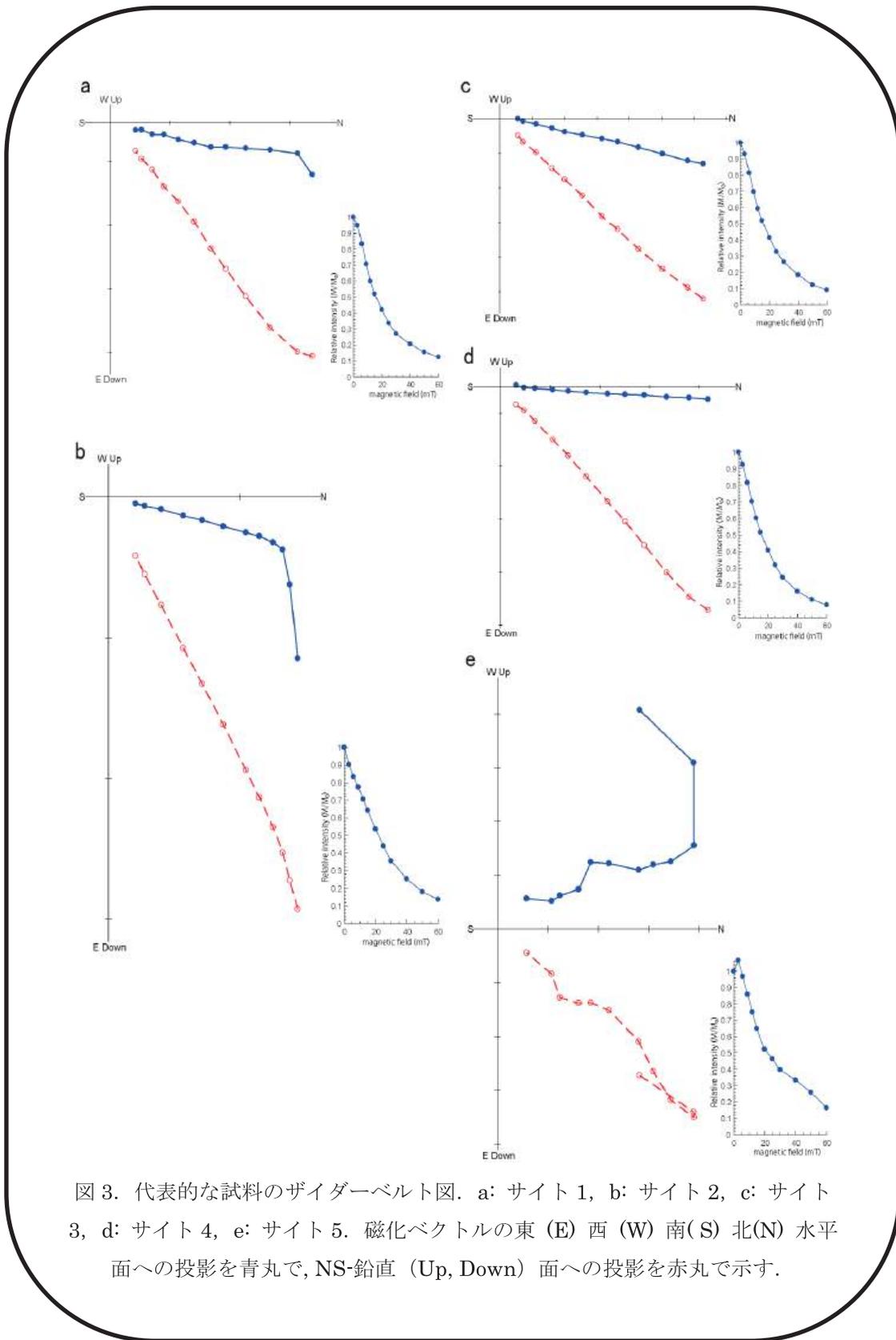


図 3. 代表的な試料のザイダーベルト図. a: サイト 1, b: サイト 2, c: サイト 3, d: サイト 4, e: サイト 5. 磁化ベクトルの東 (E) 西 (W) 南 (S) 北 (N) 水平面への投影を青丸で, NS-鉛直 (Up, Down) 面への投影を赤丸で示す.

plot 解析を行った結果、ほぼすべての試料が疑似単磁区 (PSD) 領域を示した (Day et al., 1977; Dunlop, 2002ab).

岩石磁気分析の結果と段階交流消磁実験の結果を統合すると、ChRM を担う主要な磁性鉱物は、全てのサイトに説いて PSD もしくは単磁区 (SD) と多磁区 (MD) が混合したマグネタイトであると考えられる。一方、サイト 1 ではマグネタイトのほかにマグヘタイトもしくはチタノマグネタイトの含有も考えられる。

4.3. 呉羽山礫層の堆積年代

サイト平均 ChRM 方向と現在の地磁気方向を比べると、サイト 5 を除くサイト 1~4 では有意に異なる方向を示した (図 6)。また、現在の磁極期での地心軸双極子磁場の平均方向と比較するとサイト 1 と 2 は同一方向であり、サイト 3~5 は異なる方向である (図 6)。

サイト 1 と 2 の ChRM 方向は、不安定成分な 2 次磁化成分の消磁後の成分であり、また現在の地磁気方向とは有意に異なることから、初生的な堆積残留磁化 (DRM) 起源であると仮定する。サイト 1 と 2 の平均 ChRM 方向は正帯磁を示しており、これらのサイトの直上には桃色凝灰岩層 (0.6 Ma) があることから正磁極期の中でもブルン正磁極期に堆積したと考えられ、ブルン正磁極期の開始時期 (0.77 Ma) を考慮すると、サイト 1 と 2 の堆積時期は 0.6 Ma - 0.77 Ma の間と示唆される。なお、サイト 1 と 2 のサイト平均 ChRM 方向と現在の磁極期の地心双極子磁場の平均方向は統計学的に同一方向であり、現在と同じブルン正磁極期に堆積したと整合的である。

サイト 3 と 4 は褶曲テストに不合格のため、褶曲後の再帯磁が示されており、古地磁気学的手法から堆積時期は推定できない。サイト 3 および 4 の上位に位置するサイト 1 と 2 では傾動は認められないため、サイト 3 と 4 の褶曲は、露頭下部で認められた寺町テフラ (3.7-3.9 Ma) か

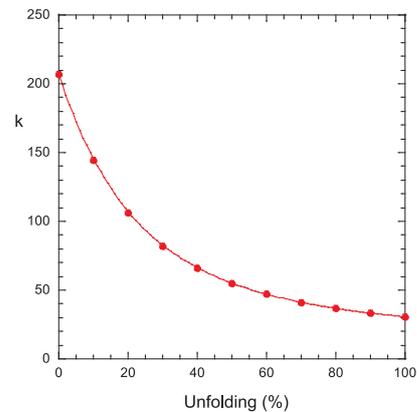


図 4. 褶曲テストの結果. k: 集中度パラメータ (Fisher, 1953).

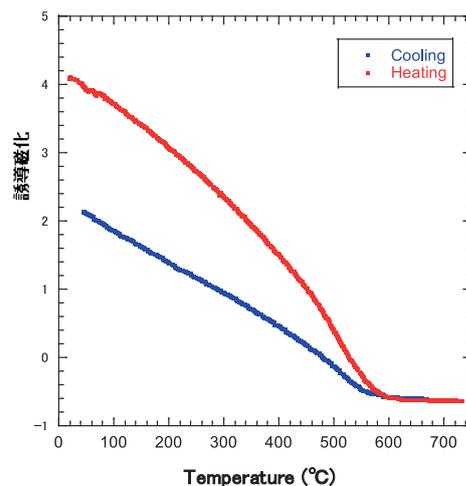


図 5. 代表的な熱磁気分析の結果 (サイト 3). 測定は空气中で実施した。

らサイト2上部の桃色凝灰岩層(0.6 Ma)の間に発生したイベントと考えられる。また、それぞれのサイトの平均 ChRM 方向と褶曲テストの結果から、正磁極期内に再帯磁をしたと考えられる。なお、サイト3および4の平均 ChRM 方向は、現在の地磁気方向と地心軸双極子磁場の平均方向のいずれとも異なる方向を示しており、現在の地磁気下あるいは現在の磁極期下で獲得した粘性残留磁化 (VRM) とは異なる可能性が高い。

呉羽山丘陵で採取されたボーリングコアを用いた予察的研究では呉羽山礫層内の砂層で逆帯磁が示唆されている。ここで、褶曲している層が全て再帯磁の影響を被っていると仮定すると、褶曲した層は正磁極期に再帯

磁しているため、この再帯磁現象の影響を被っていない逆帯磁を示す砂層は褶曲イベント後に堆積したと示唆される。したがって、褶曲イベントは少なくとも 0.77 Ma の地磁気の逆転以前に発生したと考えられ、寺町テフラの年代を考慮するとサイト3と4で認められた褶曲イベントは 0.77 Ma - 3.7 Ma の間に起きたと示唆される。なお、現在の磁極期の地心双極子磁場の平均方向と同一方向を示すサイト1と2の平均 ChRM 方向とサイト3と4の平均 ChRM 方向は有意に異なっているため、サイト1, 2は少なくともサイト3, 4と同時期の再帯磁は被っていないと考えられる。また、予察的研究で報告されている呉羽山礫層内の逆帯磁を示す砂層も再帯磁していないと考えられ、さらに正磁極期に再帯磁が起きていることから、サイト3と4の再帯磁は松山逆磁極期内の四つ (Jaramillo: 0.990 - 1.070 Ma, Cobb Mountain: 1.180 - 1.215 Ma, Olduvai: 1.775 - 1.934 Ma, Feni: 2.116 - 2.140 Ma, Ogg, 2020) のサブクロンもしくは 3.7 Ma 以降の Gauss 正磁極期に発生したと示唆される。

サイト5で得られた ChRM が初生的な DRM 起源であると仮定すると、サイト5は桃色凝灰岩層(0.6 Ma)より下位で呉羽山礫層か長慶寺砂層の一部と考えられる。一方、サイト1および2の平均 ChRM 方向とは異なっているため、サイト1と2と同時期の堆積ではないと考えられる。また、サイト5の平均 ChRM 方向はサイト3および4と同一方向を示していることから、サイト5はサイト3と4の再帯磁時期と同時期もしくは同磁極期内の堆積が示唆され、長慶寺砂層(2.2 Ma 付近)以降を考えると、正帯磁を示すことから上述の松山逆磁極期内の四つのサブクロンでの堆積が示唆される。

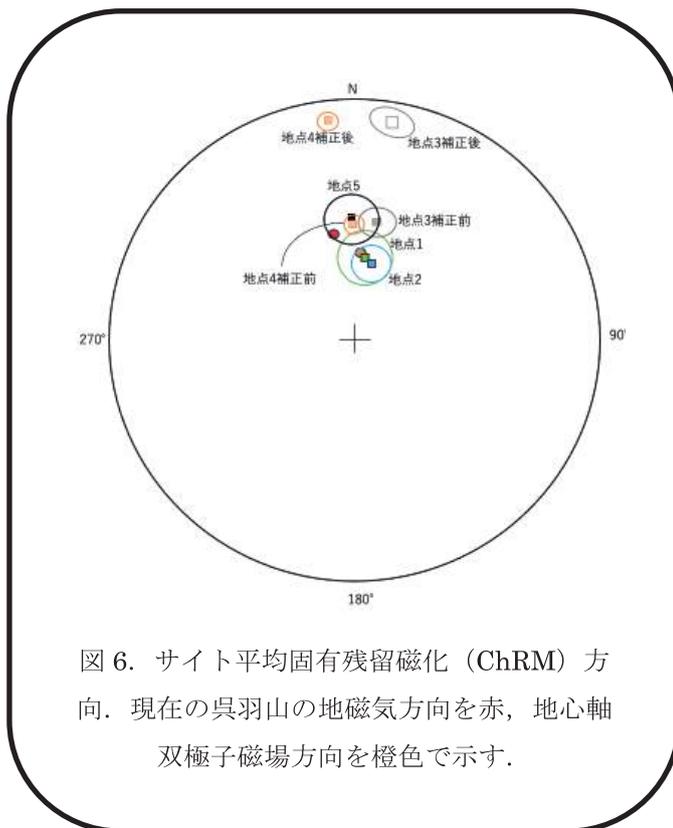


図6. サイト平均固有残留磁化 (ChRM) 方向。現在の呉羽山の地磁気方向を赤、地心軸双極子磁場方向を橙色で示す。

5. 今後の展望

本研究では、呉羽山礫層の露頭を対象とした古地磁気・岩石磁気測定から、呉羽山礫層内の褶曲した層の再帯磁が松山逆磁極期内の四つのサブクロンもしくは 3.7 Ma 以降のガウス正磁極期に起きたことを示し、その褶曲イベントは 0.77-3.7 Ma の間に生じたことを指摘できた。ボーリングコア試料を用いた予察的研究で示唆された逆帯磁層は本研究では発見には至らなかったが、呉羽山礫層の砂層が安定な残留磁化を保持していることが明らかとなった。また、逆帯磁層は再帯磁の影響を被っていないと考えられ、逆帯磁層が露頭で認められる可能性は高いと考える。逆帯磁層の発見は、地磁気の逆転の様相だけでなく年代決定においても重要であり、更なる呉羽山礫層を対象とした古地磁気研究が望まれる。

6. 参考文献

1. 坂本亨, 今井功, 水野篤行, 角靖男, 井上正昭. 1959. 富山積成盆地南縁部の新生界. 地調月報, 10, 75-82.
2. 金谷隆行, 竹内章, 川中卓. 2001. 富山平野西縁, 呉羽山断層周辺の地下構造と丘陵形成史. 地球惑星科学関連学会 2001 年合同学会講演要旨集, Gm-P007.
3. 富山県. 1997. 呉羽山断層に関する調査. 平成 7 年度地震調査研究交付金成果報告書, 235p.
4. 坂本亨. 1963. 5 万分の 1 地質図幅「富山」及び同説明書. 地質調査所, 45 p.
5. 藤井昭二, 坂本亨. 1961. 呉羽山丘陵の地質—富山県下の第四系, その 3. 新生代の研究, 32, 797-803.
6. 田村糸子, 山崎晴雄, 中村洋介. 2010. 富山積成盆地, 北陸層群の広域テフラと第四紀テクトニクス. 地質学雑誌, 116 Supplement, S1-S20.
7. 坂本亨, 野沢保. 1960. 5 万分の 1 地質図幅「八尾」及び同説明書. 地質調査所, 60 p.
8. Zijdeveld, J.D.A. 1967. A.C. demagnetization of rocks: analysis of result. *In* D.W. Collinson, K.M. Creer, S.K. Runcorn (Eds.), *Methods in paleomagnetism*. Elsevier, New York, 254-286.
9. Kirschvink, J.L. 1980. The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. *Geophysical Journal International*, 62, 699-718.
10. 小玉一人. 1999. 古地磁気学. 東京大学出版会, 248p.
11. Fisher R.A. 1953. Dispersion on a sphere. *Proceedings of the Royal Society of London A217*, 295-305.
12. Watson, G.S., Enkin, R.J. 1993. The fold test in paleomagnetism as a parameter estimation problem. *Geophysical Research Letters*, 20, 2135-2137.
13. Day, R., Fuller, M., Schmidt, V. 1977. Hysteresis properties of titanomagnetites: grain-size and compositional dependence. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 13, 260-267.

- 
14. Dunlop, D.J. 2002a. Theory and application of the Day plot (Mrs/Ms versus Hcr/Hc) 1. Theoretical curves and tests using titanomagnetite data. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 107, EPM 4-1-EPM 4-22.
 15. Dunlop, D.J. 2002b. Theory and application of the Day plot (Mrs/Ms versus Hcr/Hc) 2. Application to data for rocks, sediments, and soils. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 107, EPM 5-1-EPM 5-15.
 16. Ogg, J.G. 2020. Geomagnetic polarity time scale. In F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz, G.M. Ogg (Eds.), *Geologic Time Scale 2020*, Elsevier, Amsterdam, 159-192.

研究題目	安全なゲノムの書き換えを実現する DNA 結合タンパク質の開発
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部工学系・准教授・迫野昌文
分野	理工系
キーワード	DNA 結合タンパク質, ゲノム編集

1. 研究の背景と目的

近年、ゲノム中の特定の塩基配列を改変するゲノム編集技術を、遺伝子疾患の治療に適用する試みがなされている。生体内で直接ゲノム編集を行う治療は“*in vivo* 遺伝子修正”と呼ばれ、次世代遺伝子治療技術として注目されている(図 1(A))。遺伝子修正による治療効果を上げるためには、ターゲット以外の書き換え(オフターゲット効果)の抑制が重要であり、予定外の遺伝子書き換えにともなうガン化リスクを避ける必要がある。

本研究は、DNA 配列を厳密に区別する DNA 結合タンパク質の構築が重要となる。ゲノム編集ツールとして、DNA 結合タンパク質 Transcription activator-like effector (TALE)と DNA 切断酵素を融合した TALEN を用いる¹

(図 1(B))。申請者は、TALE 調製の際に、ターゲット配列と異なるミスマッチな DNA 認識部位を組み込むことで、DNA-TALE 間の会合定数を大きく

変化させる“ミスマッチ法”を見出した。本手法は、TALE と DNA 間のミスマッチの数による会合定数の変化を利用したものであり、申請者の独自技術となる。会合定数を調整することで、ターゲット配列のみを認識し、異常細胞を選択的に治療する遺伝子修正が可能になる。

2. 研究方法

(プラスミド作製)

TGGTGGCGTAGGC または TGAAGGCGTAGGC を認識する TALE-DNA 配列を含む発現ベクターは、標準手順に従い、ゴールデンゲートプロトコルを使用して構築した。TALEN の生

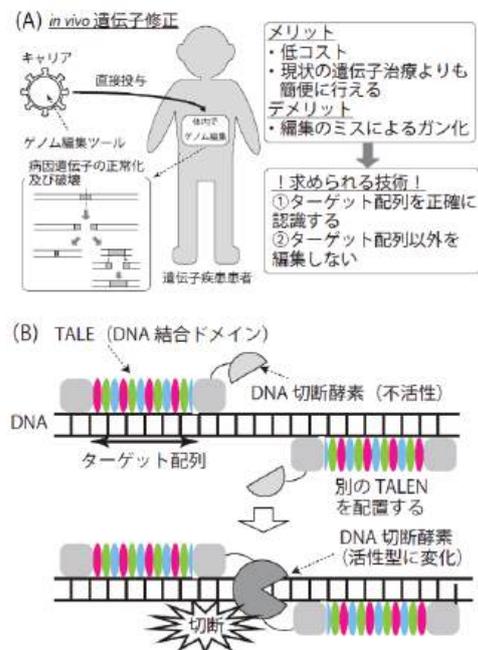


図 1 (A)*in vivo* 遺伝子修正
(B)TALEN を用いた DNA 切断反応の概略図

成に使用したプラスミドキットは、Daniel Voytas と Adam Bogdanove から提供された (Addgene # 1000000024)²。TALE タンパク質をコードする DNA 配列は、pCold I プラスミドにインサートし(pCold-TALE)、BL21 を宿主として定法に従って TALE の発現を行った。また、pCold-TALE プラスミドに、蛍光タンパク質 Venus および Renilla luciferase (RLuc) の遺伝子を挿入し、発光タンパク質を融合した TALE を発現するプラスミドを作製した。

(BRET 測定)

TALE-RLuc および TALE-Venus を含むバッファーを、Slide-A-Lyzer 透析カセット(MWCO: 10 KDa) を使用して 25 mM Tris-HCl (pH 7.4) および 200 mM NaCl に交換した。精製したプラスミド TALE-RLuc および TALE-Venus を 25 mM Tris-HCl (pH 7.4)、200 mM NaCl に溶解し、25 °C で 60 分間インキュベートした。インキュベーション後、150 μM セレンテラジン-h を加え、535 nm 光学フィルターを備えたマイクロプレートリーダーを使用して Venus 蛍光を測定した。

(TALEN 作製および評価)

TALE と FokI の融合は、pTal ベクターを使用した従来のプロトコルに従って行った。TALEN-R は、TGATTCTGAATTAGCT をターゲットとして認識するように設計した。Slide-A-Lyzer 透析カセット (MWCO: 10 KDa) を使用して、TALEN を含むバッファーを 25 mM Tris-HCl (pH 8.0)、100 mM NaCl、および 10 mM MgCl₂ に置き換えた。TALEN の *in vitro* 切断活性は、KRAS を含む DNA フラグメント (600 bp) の消化で評価した。DNA フラグメントは、PCR を使用した遺伝子増幅によって取得した。作製したプラスミド (KRASwt、KRASmut (GAT)、KRASmut (GAT)) を鋳型として、Primestar GXL DNA ポリメラーゼ (タカラバイオ社製) を用いて KRAS 遺伝子を含む DNA 断片を増幅した。フォワードプライマーの 5' 末端はフルオレセインで修飾した。DNA 断片 (DNA 断片 10 nM) を 30 nM TALEN-L および 30 nM TALEN-R 存在下、37 °C で 1 時間消化した。消化後、反応液をアガロースゲル電気泳動に供した。アガロースゲル中の DNA 断片は、フォワードプライマーに結合したフルオレセインの蛍光を用いて検出した。切断されていない DNA の割合は、TALEN 処理済みサンプルのバンド強度と TALEN 未処理サンプルのバンド強度の比から計算した。バンド強度は ImageJ を使用して定量化した。

3. 研究成果

TALE と標的 DNA との相互作用を簡便に評価するため、生物発光共鳴エネルギー移転 (BRET) ベースの遺伝子検出システムを構築した。KRASwt 配列の一部を認識する 2 種類の TALE を調製した。DNA 配列の上流で結合する TALE の C 末端に、生物発光を産生するレニラ・ルシフェラーゼ (RLuc) を融合させ、この融合タンパク質をライトドナーと命名した。同様に、TALE (TALE1 と命名) と黄色蛍光タンパク質である Venus を融合したものを光受容体として構築した。TALE1 は、コドン 12 (GGT) を含む KRASwt 配列の下流 TGGGTGCGTAGGC を認識するように設計された。これらの融合タンパク質が標的配列に結合することで、光受容体

RLuc を介して生成された発光が光受容体の Venus を励起し、BRET シグナルが検出されることが期待される。また、コドン 12 変異体である GTT を含む DNA では、BRET 検出系に負の影響を及ぼすことが予想された。KRASwt の DNA、光ドナー、光アクセプターを共存させると、強い BRET シグナルが観測された。また、KRASmut の DNA を用いたシグナルは、予想通り KRASwt の DNA を用いたシグナルよりも低かった。しかし、シグナル低下の程度は限定的であり、TALE1 の多くがミスマッチ配列と結合していることが示唆された。発光強度の違いは、DNA の複合体形成比率の違いによるものと考えられ、BRET システムのシグナル強度は TALE と DNA の会合定数に大きく影響されることが示唆された。また、TALE のリピート 2 にミスマッチが 1 つ存在しても、標的配列との会合に大きな支障はないことが示された。

リピート 3 のミスマッチが DNA-TALE 複合体形成に及ぼす影響を調べた。蛍光偏光アッセイを dsDNA1 を用いて行った。dsDNA1 は、TALE1 のリピート 3 において単一のミスマッチを有する。TALE1 は dsDNA1 と良好に相互作用した。dsDNA1 と TALE1 の推定会合定数は $3.50 \times 10^6 \text{ M}^{-1}$ で、KRASmut(GTT)と TALE1 のそれとほぼ同じであった。リピート 2 と 3 の 2 箇所ダブルミスマッチを持つ dsDNA2 でも同様の実験を行ったところ、シングルミスマッチの結果とは異なり、複合体形成量が著しく減少することが示された。TALE1 と dsDNA2 の推定会合定数は $0.77 \times 10^6 \text{ M}^{-1}$ 以下であり、ダブルミスマッチが TALE-DNA 複合体形成に悪影響を及ぼしていることが示唆された。

二重ミスマッチによる会合定数の減少が他の配列でも同様に起こることを確認するため、KRASwt および KRASmut (GTT)配列との二重ミスマッチを持つ TALE2 を設計した。TALE2 は、KRAS 遺伝子の変異体である KRASmut (GAT)とリピート 3 でシングルミスマッチを有する。相互作用測定の結果、TALE2 と KRASmut (GAT) の複合体形成が観察された。この複合体の会合定数は $3.34 \times 10^6 \text{ M}^{-1}$ であり、上記の単一ミスマッチの結果とよく一致した。これらの結果から、単一のミスマッチは TALE と DNA の相互作用に有意な影響を与えないことが示された。一方、ミスマッチが 2 箇所存在する KRASwt および KRASmut (GTT) では、TALE2 と KRASwt の会合定数はそれぞれ $0.49 \times 10^6 \text{ M}^{-1}$ および $0.75 \times 10^6 \text{ M}^{-1}$ を下回り、予想通り会合性能が低下した。これらの結果は、繰り返し 2 および 3 における連続的なミスマッチが TALE-DNA 複合体形成を困難にしていることを示している。

ダブルミスマッチを用いた標的配列の正確な認識は、類似配列の非選択的ゲノム編集を効果的に抑制することが期待される。二重ミスマッチに基づいて設計された TALE を用いて、TALEN による *in vitro* DNA 配列切断を行った。TALEN-L と TALEN-R は図 2(A)に示すように設計し、19 塩基からなるスペーサーを TALEN 間に配置した。TALE TALEN-L は TALE1 または TALE2 を用いて構築され、KRAS コドン 12 の配列を認識する。TALEN-L、TALEN-R、および KRAS 遺伝子を含む DNA を混合し、一定時間後に電気泳動を行って DNA 切断を評価した。TALE1 をベースとした TALEN-L を用いた場合、全ての種類の DNA で明らかなバンドの消失が観察された (図 2(B))。一方、TALE2 ベースの TALEN-L を用いた場合は、KRASmut(GAT)配列を含む DNA バンドのみが消失した (図 2(C))。TALEN によって切断され

なかった DNA の割合を図 2(D)に示す。TALE1 ベースの TALEN-L を用いた場合、すべての KRAS 遺伝子が約 80%切断された。一方、TALE2 ベースの TALEN-L を用いた場合、ダブルミスマッチである KRASmut(GAT)だけが主に切断され、シングルミスマッチである KRASwt(GGT)と KRASmut(GTT)はほとんど切断されなかった。したがって、ダブルミスマッチに基づく TALE 設計は、ゲノム編集における厳密な DNA 認識特異性の向上につながると期待される。

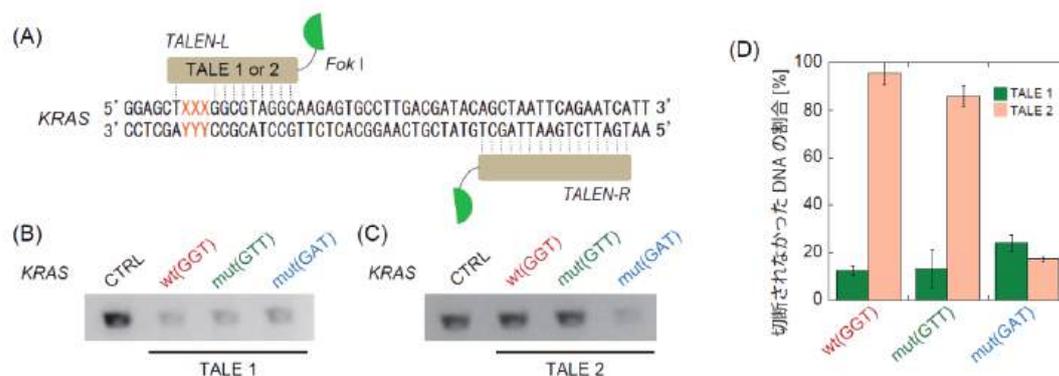


図 2 (A) TALEN を用いた DNA 切断の模式図。KRAS 配列の XXX は GGT、GTT、GAT を示す。(B) TALE1 ベースの TALEN-L および TALEN-R を用いた KRAS 配列を含むオリゴ DNA の切断。アガロースゲル電気泳動後のオリゴ DNA は、フォワードプライマーに結合したフルオレセインの蛍光を用いて検出した。(C) TALE2 ベースの TALEN-L および TALEN-R を用いた KRAS 配列を含むオリゴ DNA の切断。アガロースゲル電気泳動後のオリゴ DNA を、フォワードプライマーに結合したフルオレセインの蛍光を用いて検出した。(D)TALEN によって切断されなかった DNA の割合。

4. 今後の展望

本研究では、ミスマッチが TALE と DNA 配列との相互作用に及ぼす影響について検討した。TALE のリピート 2 または 3 における単一のミスマッチは DNA との複合体形成を阻害しなかったが、リピート 2 および 3 における連続的なミスマッチは標的 DNA との会合特性を著しく低下させた。シングルミスマッチと連続ミスマッチの会合定数の違いを利用して、標的配列の 1 塩基の違いを識別する TALE を構築した。ダブルミスマッチを基に設計した TALE を用いた BRET システムにより、1 塩基の違いを識別する高精度な遺伝子検出が可能となった。また、同じ設計原理で作製した TALEN は、一塩基ミスマッチの DNA を切断し、連続ミスマッチの類似配列は処理しなかった。二重ミスマッチに基づく TALEN 構築は、遺伝子治療や作物育種など、高精度な遺伝子操作が求められる分野に大きく貢献すると期待される。また、TALE は複数のミスマッチを含む非標的配列に対しても弱い結合を示すことから、ゲノム中の標的配列に対する TALE の分子認識により親和性が低下している可能性が示唆される。本技術をゲノム編集に応用するためには、過剰な非標的配列の存在下で、TALE に対するシングルミスマッチとダ

ブルミスマッチの会合定数に十分な差を得ることが必要である。今後は、細胞核内の環境を模倣した反応系において、高精度なゲノム編集を可能とする TALEN の構築を検討していく。

5. 参考文献

1. J. N. F. Scott, A. P. Kupinski, J. Boyes, *FEBS J.* **2014**, *281*, 4583–4597.
2. T. Cermak, E. L. Doyle, M. Christian, L. Wang, Y. Zhang, C. Schmidt, J. A. Baller, N. V. Somia, A. J. Bogdanove, D. F. Voytas, *Nucleic Acids Res.* **2011**, *39*, e82.

研究題目	祭りの継承に関わる人びとと組織のあり方 に関する人類学的研究 ：北陸地域の獅子舞を対象として
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部芸術文化学系・講師・田邊 元
分野	文化人類学
キーワード	獅子舞、祭り、担い手不足

1. 研究の背景と目的

1.1 研究背景

日本には数多くの祭りが存在するが、それらの祭りがその継承に苦心していることはよく知られるところであろう。祭りに限らず、大都市部を除いた地域社会における人口減少に全く歯止めが利かない状況は、加速するばかりである。こういった問題は一般に「担い手不足」と呼ばれている。従来、地縁や血縁といった人びとのつながりを基盤として継承されてきた祭りが、地域社会の人口減少に対して脆いことは言うまでもない。そうした状況は、高度経済成長期あたりを境に現在まで半世紀以上に渡り続いている現象である。祭り組織がそれぞれの事情に合わせて、その継承のために新規加入者を募ってきたことは、民俗学や社会学、文化人類学といった領域において長く議論されてきた話題である。特に人びとの移動が顕著であり、そのつながりが広がる現代社会では、職場や趣味、子どもの通う学校を通じた保護者、飲み友といった、さまざまな縁をきっかけとして、祭りへの参加が為されている（牧野，2021）。多様な人びとの参加背景には、祭りの継承と関わり整備されてきた、無形文化に対する保護制度のあり方も関わる。例えば、今日では当たり前になりつつある「保存会」と呼ばれる組織は文化財保護制度との関係のなかで生まれたものであるが（俵木，2018）、地縁集団から保存会組織へと移行することで、従来メンバーシップを持たない人びとの加入も可能になった側面がある。他方で、近年の文化財保護法やユネスコによる文化遺産制度は、登録された後に「活用」を促進させることが推奨されている。そうした「活用」は経済的な効果を発揮する面に注目が集まるが、同時に国を中心に地方行政が取り組む「関係人口」の増加策とも相まって、祭りに関わる人びとを拡大させている。

ところで、これまで述べてきたような祭りの継承にまつわる人びとの拡大は、当然のことながら円満に進むとは限らない。新規加入者と従来メンバーによる対立、そこから生まれる軋轢、葛藤は、その都度、祭りの場に集まった人びとの間で、より良いあり方を巡り工夫が為されてきたために生じるものだ。いわゆる「外」からやってきた「よそ者」は、地縁関係が濃い祭り組織において時として疎外感を感じることもあり、あまりにそれが強ければ辞めていってしまうこともある。同時に、「内」には無い力を持つといわれる「よそ者」は、時として従来通りのやり方

を変えていくような力を発揮することもあるだろうが（敷田，2009）、そのことが人びとに受け入れられることもあれば、反発を受けることもあるだろう。「関係人口」の増加を目指した「よそ者」の参入が推奨されることは人口減少の現代社会において有効手段であろうが、しかし現実にはそんなに簡単ではない。「外」からみれば、祭りを継承していくことは美徳に映るかもしれないが、実践する人びとにとって、「よそ者」を加入させて継承すること自体が意味を為さないこともある（木内 2010；上田 2016）。また文化財諸制度により「資源」とみなされることが、時としてしがらみとなるような場合もある。補助金などが付けられることにより、「公開」と「活用」が義務的に感じられる「保存のイデオロギー」にさらされ、外部資本の参入なども加わり活動が拡大していくことにより、実践する人びとが「これは違う」と感じるようなことも生じうる（足立 2010）。近年世界的に議論される「持続可能性」に対して、文化的側面も考慮した「文化的持続可能性」が強調されるようになってきている（原 2023）。そうした「文化的持続可能性」は、まさに祭りという人びとの関係性によりそのあり方が大きく揺れ動く実践においては、どういった文脈のうえに現状が生まれたのかを丁寧にみることで示されるものであろう。

以上のように、現代における祭りの継承において、当事者たちが疲弊している状況が存在している。それは、筆者らが住む北陸地域においても同様である。北陸地域は非常に多くの祭りが実践される地域であり、曳山や獅子舞が全国的に知られる。特に獅子舞について、富山県は香川県と並び全国一、その伝承数が多いといわれるものの（無形文化遺産部 2019）、しかし休止している団体も増えてきており、実践できている団体の数は年々減少している可能性が高い。加えて、そういった状況に追い打ちをかけるように 2019 年から新型コロナウイルス感染症（以下「コロナ」と略す）の流行による、全国的な祭りの“自粛”が起こった。コロナを理由とした休止は、祭りの実践者たちにそのあり方を様ざまに考えさせた。田邊が参加していた K 獅子舞は、表向きはコロナを理由とした休止であったが、その決定をする会議で話し合われたことは、実働部隊である 20～30 代の人数が足りないための疲弊をいかに解決するかであった。獅子舞を実践すること自体ではなく、その他の地域社会の仕事も兼務する青年団自体が彼らにとって負担となっていたため、コロナ期間中に青年団は解散した。幸い、その後保存会と名称を改めて“復活”したものの、「担い手不足」と呼ばれるような現状は変わらず、そういった中で祭りを実践することの意義を彼らは考えている。

これまで背景として述べてきた現代社会における祭りの現状は、担い手が足りない中で何とかやっている、といった想像を掻き立てるものであり、どちらかといえばネガティブな現状を想起させる。しかし祭りが行われる場において、我々はそういったネガティブな側面よりも、観客たちも巻き込み熱狂する姿を目にすることも多いだろう。そうした姿からは、「担い手不足」が引き起こすネガティブな側面がありつつも、それでも祭りがしたいという切実な想いも感じられる。東日本大震災以降、盛んに論じられたレジリエンス論において、地域社会の復興に際しての祭りの重要性が指摘されてきた（例えば、高倉・滝本（2014）や橋本（2015）、高倉・山口（2018）、日高（2021）など）。実際に、2024 年 1 月 1 日に発生した能登半島地震の被害は未だに全く収まっていない状況にあるが、そういった中で祭りの実施を何とか実現させたいという動きは、富

山県下で被害があった地域においても様ざまに生まれている。こういった、決して万全の状態ではなくとも、どうしても祭りがしたいという人びとの想いからは、先に挙げてきた「担い手不足」というネガティブな状況に落胆している姿は見えてこない。そうした生き活きとした姿もまた、学術研究の遡上に乗せて議論していく必要があるだろう。よって、本研究では担い手不足という状況の前提として、必ずしもネガティブに捉えるということをしなない。そうした前提が、時として祭りの現状への理解を妨げることもあり得ると考えられるからである。

以上を踏まえ、現代において祭りを継承していくこと自体にどういった意義が見出されるのか。場合によってはその継承自体が現代において無意味に思われる祭りの継承に対して、「何を大切に継承してきたのか」を明らかにしていくことは、祭り与人びと、地域社会のあり方を改めて考える契機となる。

1.2 研究目的

本研究では北陸地域に数多く伝承される獅子舞を対象に、どういった人びとが今日の継承を支え、またどういった仕組みのなかで継承しているのかを明らかにしていくことを目指した。様々な人びとが関わる今日の獅子舞において、その実践の場には彼らの持つ多様な属性が持ち込まれる。その中で何が許され、何が許されなかったのかに注目することで、何を大切に継承が行われてきたのかに注目した。それらを通じて、今後も加速していく人口減少や高齢化といった解消され難い問題下において、地域社会で継承される祭りやその組織のあり方への展望を開くことを目指した。

2. 研究方法

本研究では、筆者ら 3 名の、文化人類学をバックグラウンドの一つに持つ研究者らがそれぞれにフィールドワークを行い、その結果を持ち寄り議論することを通じて目的の達成を目指した。それぞれの対象は以下のとおりである。

2.1 南砺市（田邊担当）

南砺市では行政や地元企業、市民、学識者を中心に「南砺獅子舞共演会実行委員会」が結成され、2023年10月に「第式幕 南砺 獅子舞『秋の陣 五箇山』」（以下「第2回共演会」と略す）を開催した。この取組は、2019年8月「南砺獅子舞 令和元年夏の陣」（以下「第1回共演会」と略す）に続く南砺市の獅子舞イベントであるが、その意図するところは開催地域の獅子舞団体間の交流を生み出すことにある。実際に、第1回共演会時には、開催地である井波地域に「井波地域獅子舞連絡協議会」が発足し、現在まで継続的に井波地域の獅子舞についての意見共有が為されている。

田邊は、2022年に組織された第2回共演会の実行委員会の委員として参与し、獅子舞団体それぞれの相互の関係性などの聞き取りを関係者らに行った。

2.2 射水市新湊地域（田邊・野澤担当）

射水市の新湊旧市街地は、現在でも多くの獅子舞が行われる地域であり、曳山祭りの存在もあり、祭りが盛んな地域として知られる。新湊地区は大きく3つの地区に分けることが可能であり、新湊大橋より東側にあたる海老江や堀岡などの地域、新湊大橋西側にあたる地区で放生津小学校の校区（以下「放生津小校区」とする）と、新湊小学校の校区（以下「新湊小校区」とする）の3つである。

放生津小校区では、現時点で獅子舞祭を実施しているすべての町内が加盟する「放生津地区獅子舞連絡協議会」が結成された。このネットワークを活かして、2023年と2024年には「放生津地区獅子舞演舞会」が開催された。連絡協議会は、各種イベントへの出演依頼の窓口でもある。田邊と野澤は協議会設立の経緯と今後の見通しなどについて関係者に聞き取りを行った。

新湊小校区では放生津地区のようなネットワークはまだ存在していないが、旧町それぞれが独自のネットワークを持ち、協力体制もみられるという。新興住宅地である桜町には、もともと獅子舞が存在していなかったが、地域外である高岡市の吉久と新富町との協力関係を持ち、獅子舞を実施している。そこには、高岡市や射水市を中心に渡り歩く祭り好きの人や、富大の学生なども参加している。田邊は桜町に外部から参加する人びとを中心に聞き取りを行った。

2.3 高岡市伏木地域（田邊・西島・野澤担当）

高岡市伏木地域もまた、曳山祭りと多くの獅子舞が実践される地域として知られる。祭りが盛んな印象も強い伏木地域であるが、「担い手不足」問題は深刻であると聞く。曳山の参加者には伏木外からも多くあることは知られるが、では獅子舞の場合はどういった動きがあるのか。田邊は加古川地区での聞き取りを、西島と野澤はいくつかの地区における獅子舞の観察を行った。

2.4 高岡市長慶寺（西島担当）

高岡市長慶寺では、約200年前に伝わったとされる獅子舞を村の15～25歳の男性で組織される「青年団」が春季祭礼の一部として演じてきた。県外の大学生が帰省できるよう祭礼の日を平日の固定日から週末に変更したり（1980年）、村の全戸（約200戸）で行っていた門付けを班長宅（20軒）に縮小したり（2005年）、それまで女人禁制だった「青年団」に笛として女子を加えたり（2010年）といった工夫をしながら続けていたが、担い手不足のため2017年に休止した。しかし2023年に門付けは行われなかったものの復活を遂げ、2024年には休止前と同様に門付けも行われた。西島は復活した獅子舞の参与観察と、復活に至る経緯についての聞き取りを高岡市長慶寺の住民に行った。

2.5 射水市三ヶ錦町（西島・野澤担当）

射水市の三ヶ錦町獅子舞保存会は、2021年度～2023年度まで射水市・三ヶ地域振興会・三ヶ錦町獅子舞保存会の三者による「三ヶ獅子舞講座」を開講した。この講座は、新型コロナウイルス

ス感染症の影響を受け、獅子舞が維持できなくなることを危惧した三ヶ錦町獅子舞保存会が、錦町や三ヶの住民に限らずひろく担い手を育成するために開始した取り組みである。西島と野澤は、講座の2年目と3年目（2022年度～2023年度）に受講生（笛）として、月に1度開講される講座を受講した。三ヶの祭礼をはじめ、下条川桜まつりや太閤山まつりなどにも三ヶ錦町獅子舞保存会のメンバーと共に出演し、参与観察を行った。また西島は、講座の中心メンバーらに聞き取り調査を行った。

2.6 高岡市笹八口・八口（野澤担当）

高岡市の笹八口と八口（いずれも国吉小学校通学区域）では、互いの獅子舞祭礼において必要な人手を提供し合うという「協力関係」が築かれている。野澤は、両者の関係性が構築される過程やその課題について、それぞれの集落における青年団長や団長経験者らを中心に聞き取り調査を行った。

3. 研究成果

冒頭で述べたとおり、現在の祭りの多くでは担い手不足問題がその継承に関わることから大きな問題として存在している。「2. 研究方法」において示した各地域いずれにおいても、その問題は存在していた。冒頭で富山県は獅子舞の数が日本一といわれることを述べたが、数が多いということは地区毎に獅子舞が存在しているということであり、多くの場合、その運営は地縁を中心としたものである。現代においても、獅子舞は地域社会と人びとを結びつける。例えば、祭りの当日の夜は、「嫁花」と呼ばれる地域社会への結婚披露宴や、新築や出産の祝いとして獅子舞に来てもらい特別な演目を舞ってもらうが、こうした習慣はほとんどの獅子舞でみられた。よって、獅子舞に参加する人びとの参加理由の多くは、やはり地縁によるものであろう。しかし、聞き取りにより、地縁以外の参加も様ざまにあることが分かった。

筆者らは、それぞれに行った聞き取りの内容を持ち寄り、それらを3人で検討するなかで、以下に挙げる3点の視点を見出した。3点の視点とはすなわち、「協力体制」、「女性の参加」、「参加ハードルの多様性」である。以下、3点からそれぞれ成果を述べる。

3.1 協力体制

各獅子舞団体において聞き取りを行うなかで、多くの団体において担い手不足に対して、何かしらの対策を行っていたことがわかった。その最も多かったあり方が、他の獅子舞団体との協力体制構築である。協力体制にはいくつかのあり方がみられた。以下、具体的な事例を示す。

射水市新湊地域では、獅子舞団体のほとんどにおいて、別団体から参加する人がいた。新湊地域は従来5月15日が祭礼日であるが、一部の団体は5月第二土曜や日曜開催に10年ほど前から日付を変更した。これにより、15日に祭りを実施しない団体は他の団体への参加が可能となり、友人関係などを基本に参加している。例えば、15日に実施している東町本町獅子方若連中

には法土寺町獅子舞保存会のメンバーが例年参加しているが、そういった関係が生まれたのは法土寺町へ東町本町から嫁にいった人物がおり、そのことから獅子舞の交流が生まれたという。また友人関係から参加する事例もあり、小学校や中学校時代の友人関係からの参加は特に多く聞かれた。一方、新興住宅街である桜町の場合、獅子舞を作る時点から高岡市吉久や富岡町の獅子舞団体から協力を得ており、その縁から毎年お互いの祭りにそれぞれのメンバーが参加しているという。また桜町は、2023年度から当時の団長が個人的な伝手から富大の学生を2名引き入れており、加えて2024年からは新湊地域で働く富大卒業生も参加している。このように、新湊地域の場合、地縁外の参加に対してのハードルが全体的に低いようである。

こういった取組は、高岡市伏木地域においても聞かれた。例えば、加古川地区で天狗を務める人物は、大学を卒業し地元を離れるまでは、中学の友達がいる伏木地域内の獅子舞へ参加していた。参加理由は仲間と一緒に獅子舞をするのが楽しいという理由に加え、アルバイト替わりになるからだともいう。自身が通う高校においてアルバイトが禁止されていたため、他所の祭りへ参加した際の御礼が彼にとって大事な収入源だったという。彼の話によれば、こうした協力への御礼はよく聞かれる話であるといい、確かに新湊地域においても同様の話を聞くことがあった。

一方で、南砺市においては協力体制について、批判的な意見が聞かれた。現在休止状態にある山間部にある地域では、住民の数がそもそも少なく、子どもも非常に少ない。そういった中で、大学進学と共に獅子舞への参加が厳しくなった地元出身者の存在が、獅子舞の継続を困難にさせた。だからといって、他所の者の参加を募り実施することは絶対ないと断言する。土地に住む者によって獅子舞がやれないのであれば、そこにやる意味が見出せず、それならばやる必要がないという。他方で、井波地区の山見獅子舞青年団では、地域に住むほぼ全員の子どもの参加しており、他所からの参加は今のところはなく、必要もないと考えているようだ。子どもたちのほとんどが参加するのはなぜなのかという点、獅子舞の練習が楽しい場であることを実感してもらうための工夫を重ねているからだという。例えば、メンバー全員で釣りに行き、その後BBQをするなど年代を越えた交流機会を設けているという。もちろん、こういった取組が必ずしもポジティブに受け入れられるかは分からないが、担い手側もそういった事情を考慮しながら維持のための工夫を凝らしている様子が伺える。

三ヶ錦町獅子舞保存会の講座の取組み(2.5)は、担い手不足の解消というねらいを達成している。講座では、「花笠」(獅子をあやす子どもの役)を習う小学生をはじめとし、高校生や大学生、社会人まで幅広い年齢層が受講している。また、三ヶ錦町のある射水市の住民だけではなく、富山市や中新川郡といった市外から通う受講生らもいる。こうした受講生らが講座を経て祭礼に参加するようになり、受講生の参加がなければ、獅子舞の実施が危ぶまれた年もあった。獅子舞では「主役」とみなされる天狗は地域によって属性が限定されていた場合もあったが(例:長男のみ)、三ヶ錦町獅子舞保存会は天狗も受講生に教えており、2023年度・2024年度の祭礼では受講生が天狗を務めている。三ヶ錦町獅子舞保存会の講座は、年齢や性別、出身といった属性の条件に関係なく、すべての役割(天狗、獅子、太鼓・笛)がひらかれていることが特徴であると言える。

一方で、高岡市長慶寺（2.4）のように地縁を基盤とする地域も多い。長慶寺の6年間の休止を経ての復活では、休止前の中心メンバーらが復活に向けてうごき、実際の復活に際しても同メンバーが先頭にたって人集めや準備・練習に尽力していた。2024年度には、中心メンバーが声をかけて集ったメンバーが、県外の長慶寺出身者にも声をかけ、愛知や大阪など県外からも祭礼への参加があった。長慶寺という土地を中心として、コアメンバー、彼らと親しいメンバー、彼らが声をかけた（県外者も含めた）メンバーといったように遠心状にメンバーが構成されていると言える。

3.2 女性の参加

冒頭で述べたとおり、地縁や血縁に頼れなくなった日本の祭りの多くは、それまでの参加者以外の人びとを加入させてきた。その中でも、多くの祭りにおいて議論になるのは、「女」の参加である。現在では多くの祭りにおいて女性が参加していることは知られるところであるが、多くの祭りがかつては「長男」に限定して行われていたように、慣習的に後継ぎと見做される人物＝「男」がやるものと見なされてきた。富山県の獅子舞においても、やはり「男の世界」というイメージは現在でも色濃く残り、またそういった声は現在も聞かれる。明確に女性の参入を禁止している団体もあり、南砺市のある団体では「女は…。仲いい仲間（＝男友達）で獅子を舞わして酒飲みたい」といった声が聞かれた。また特定の地域に限らず、特に40～50代の女性たちからも「男がやりたいことだから」という声が聞かれ、獅子舞が「男の世界」であるという意識は存在している。

とはいえ、現在では富山県下の獅子舞の多くで、女性が参入している。富山県では2000年代に獅子舞に女子・女性が参入し始め、今では花笠や笛に女子のいない団体を探すのが難しいほどになっている。もっとも一般的なのは囃子方の笛で、地区によっては笛担当者の全員が女性ということも珍しくない。元来、女人禁制だった獅子舞祭で女性が笛を吹き始めるようになった時期はさまざまだが、おそらく30年前から10年前にかけて増えていったようである。ほかにも、射水型の獅子舞でよくみられる「キリコ」や「花笠」とよばれる子どもの役でも、おそらく十数年ほど前から女子も参加できるようになっていった。ただし、獅子方において女性が参加する例は、現在でもほとんど見られない。

射水市新湊地域では太鼓を打つ女性も増えており、高岡市伏木地域では女性が天狗を務めることも一般化している。こうした女子・女性の参加がさらに浸透している様子が、2024年4月の氷見市で確認された。氷見市園では2024年度より地区全体の承認を得て、獅子方に女性が入り始めた。担い手不足を解消するため保存会のメンバーが獅子方にも女性に入ってもらうことを提案し、自治会において承認されたのだという。実際に女性にも獅子方への参加が呼びかけられたところ、希望者が1名おり、2024年度の祭礼から獅子方として獅子舞に参加するようになった。また、氷見市深原では、ある機会（2023年）に「深原では女性の参加は笛まで」と聞くことがあった。しかし、2024年度4月の深原の祭礼では、女性が天狗を担うシーンがあった。その女性の兄弟の嫁花という特別な場ではあったが、何らかの条件（兄弟の嫁花など）があれば

性別の限定は打破されるということでもある。とはいえ、そうした条件があったとしても女性が天狗を務めることは一昔前では考えられなかったことであり、いっそうの女性参加の加速が感じられる事例だと言える。

こうした変化は、「伝統」の側から見れば古いしきたりの変化だが、祭りを存続させるために担い手たちが編み出した工夫だとみることでもある。

3.3 参加ハードルの多様性

参与観察をしていて気づくのは、獅子舞においてはその役割によって参加するための「ハードル」が異なる、換言すると参加のヒエラルキーが存在するという点である。その典型が（成人の）天狗役や獅子頭の担当で、協力体制や女性の参加が一般化してきた現在でも、これらは「地元出身・在住の男性」しか担当できないという半ば暗黙の了解がある場合が、意外と多く存在していた。かつてはこれらの役割が長男にしか認められていなかった地区も多い。ほかにも、「カヤ」と呼ばれる胴幕に入る獅子方は、（とりわけ激しい動きをする場合には）体力のある青年から壮年にかけての男性でなければ難しい。反対に、囃子方、とりわけ笛などは女性や子供、地域に移り住んできた新住民などにとっても参加のハードルが低い。

興味深いのは、参加のハードルには「しきたり」や「体力」だけではなく、当人のアイデンティティも関わるといえる点である。たとえば、放生津の二の丸地区では新興住宅地に移り住んできた新住民の子どもは「キリコ」の役にしばしば加わるが、父親は（たとえ年齢的に程よい場合でも）獅子方に加わるということは滅多にないという。青少年期から続く人間関係のなかで獅子舞に馴染んできたかどうかという経験が、この場合には影響するのだろう。新湊地域の桜町に笛で外部から参加した女性は、天狗や囃子方の人たちとの交流は盛んであるが、獅子方とだけは飲み会においてもなかなか交流が生まれないと話す。「地元の友達って感じで。入っていけない。」と彼女は話していたが、まさに経験を共有していないことが要因にありそうだ。実は、こうした仲間意識の場合には、「男」に限らずその関係性を理解する「女」も参加可能である場合がある。従来の地縁ではないが、いわゆる「ジモト」が一緒であるという意味での「地縁」は、獅子方に特に強く現れている可能性が考えられる。そうした「地縁」が、過酷な社会背景のなかでは時として生きていく際にネガティブに作用することもあるというが（打越, 2019）、獅子を舞わすことに対してはポジティブに作用しているようにも考えられる。

ただ、参加のヒエラルキーがあるということは、決して悪いことばかりではない。新たなタイプの参加者が祭りの維持に必要なようになってきたという場合に、子どもや女性、新住民という「コアな属性」をもたない者も獅子舞に貢献できることを意味するからである。

4. 今後の展望

以上のように、本研究では富山県下の獅子舞の抱える人的継承の問題について、3つの視点を

見いだした。協力体制や女性の参加といった現象、そしてそこから見いだされた参加ハードルの多様性からは、冒頭で述べたように、それぞれが持つ文脈がどれだけ大切なのかが、改めて明らかになっただろう。こういったあり方は、近年みられるような「開く」ことに偏重した地域社会へのまなざしに対して、いったんの留保を促す。すなわち、必ずしも「開く」ことが正解ではなく、また「開く」と「閉じている」ことが二項対立的に捉えられるわけでも無いことを示唆する。その都度その都度、祭りに参加できるメンバーも流動的な状況であったとしても、そのメンバーによって実践される一回限りの獅子舞を肯定的に捉え、それを良しとし、「うちの獅子が一番」と誇りに思うあり方は、単純に担い手を増加させるだけでは難しいだろう。協力体制や女性の参加については、今後より拡大していくことが予想される。その際に参加ハードルがどうあるのかは、その獅子舞が何を大切にしているかを知るための重要な要素になり得ると考えられる。引続き、本研究を通じて得られた3つの視点から検討を続けたい。

加えて、本研究では取り組むことが出来なかったものとして、直接的に獅子舞の運営に関わらないまでも、SNS などを通じて獅子舞情報を積極的に発信し、その活動を支援する人びとの存在がある。何より、筆者らは彼らの発信する情報を頼りに、獅子舞がどこで何時から行われているのかを知ることも多かった。そういった人びとは、実践者たちにも当然知られている。例えば、北陸地域の祭りに特化した YouTuber などそこには含まれるが、彼らの存在は祭りの存在を「外」に対して認知させることにつながる一方で、実践者たちに対してはどう作用するのか。新湊地域の桜町ではある場所での演舞の時に、ある YouTuber が撮影していたために一段と気合が入ったという話も聞いた。氷見市でも、YouTuber の来訪を歓迎する姿がたびたびみられた。彼らの存在は、獅子舞の継承をめぐる現状とどう関わるのか。今後検討する必要がある。

5. 参考文献

1. 足立重和 2010 郡上八幡 伝統を生きる—地域社会の語りとリアリティ. 新曜社.
2. 橋本裕之 2015 震災と芸能: 地域再生の原動力. 追手門学院大学出版会.
3. 原知章 編 2023 文化的持続可能性とは何か: 文化のゆるやかな共鳴を捉えるために. ナカニシヤ出版.
4. 日高真吾 編 2021 継承される地域文化 災害復興から社会創発へ. 臨川書店.
5. 俵木悟 2018 文化財/文化遺産としての民俗芸能: 無形文化遺産時代の研究と保護. 勉誠出版.
6. 木内明 2010 民俗行事の消滅と共同体の変容--北海道夕張郡栗山町の盤持大会をめぐる地域社会の変容. スポーツ人類学研究, 12; 75-94.
7. 牧野修也 編 2021 変貌する祭礼と担いのしくみ. 学文社.
8. 無形文化遺産部 編 2019 シシマイ×シシマイ: 祭ネットワーク報告二〇一八: 富山 VS 香川 日本一の獅子舞王国. Vol.1. 国立文化財機構東京文化財研究所.
9. 敷田麻実 2009 よそ者と地域づくりにおけるその役割にかんする研究. 国際広報メディ

- ア・観光学ジャーナル, 9; 79-100.
10. 高倉浩樹, 滝澤克彦 編 2014 無形民俗文化財が被災するということ—東日本大震災と宮城県沿岸部地域社会の民俗誌. 新泉社.
 11. 高倉浩樹, 山口睦 編 2018 震災後の地域文化と被災者の民俗誌—フィールド災害人文学の構築. 新泉社.
 12. 植田今日子 2016 存続の岐路に立つむら ダム・災害・限界集落の先に. 昭和堂, 201-223.
 13. 打越正行 2019 ヤンキーと地元 解体屋、風俗経営者、ヤミ業者になった沖縄の若者たち. 筑摩書房.

研究題目	クリックケミストリーを利用した 新規人工核酸の開発
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部薬学・和漢系・准教授・千葉 順哉
分野	ケミカルバイオロジー
キーワード	クリックケミストリー、人工 DNA、核酸医薬品

1. 研究の背景と目的

2022 年のノーベル化学賞の対象となったクリックケミストリーは、核酸やタンパク質などの生体分子を効率的に化学修飾できる手法として注目を集めており、更なる飛躍の時を迎えている。また近年、核酸医薬品の実用化が進んでおり、新たな人工核酸の開発研究が重要度を増している。

我々の研究グループでは以前から、人工 DNA の開発研究を展開してきた。¹⁻³⁾ また別途、生成する結合が生理的条件下でプラス電荷を帯びる新しいクリック反応を開発し、報告した (図 1 左上)。⁴⁻⁶⁾ 本研究ではこの反応に、マイナス電荷を生じる既存のクリック反応 (左下) を組み合わせて、電荷を任意に配置できる核酸主鎖のクリック合成法を確立し、新規人工核酸の創成を目指した。人工 DNA にクリックケミストリーを取り入れることで、核酸主鎖の電荷を制御可能な新たな人工核酸を開発し、核酸医薬品としての展開を目指した。

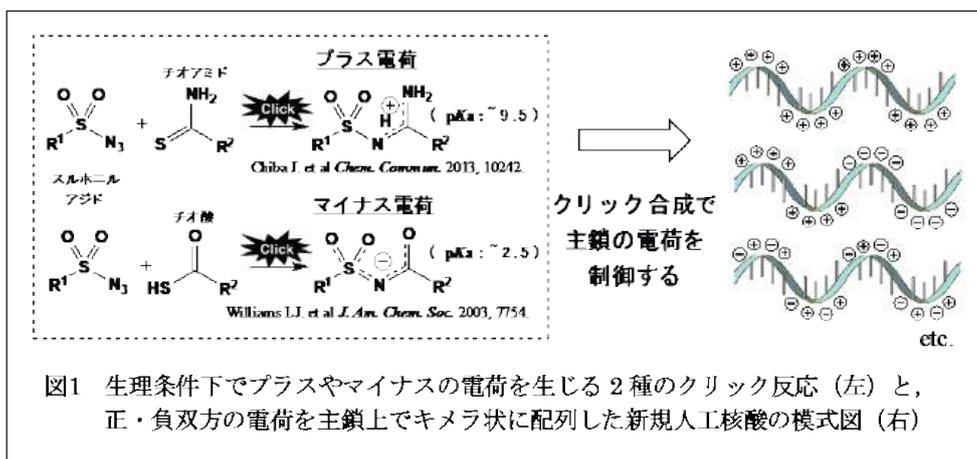
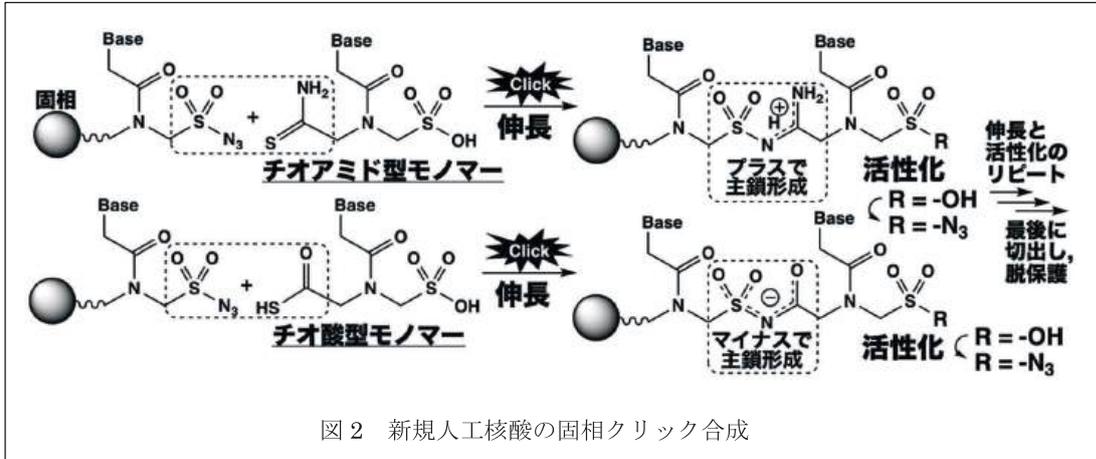


図1 生理条件下でプラスやマイナスの電荷を生じる 2 種のクリック反応 (左) と、正・負双方の電荷を主鎖上でキメラ状に配列した新規人工核酸の模式図 (右)

2. 研究方法

開発する人工核酸の具体的な構想を図 2 に示す。クリック反応によりプラス電荷を生じるユニットとして「チオアミド型モノマー」を、またマイナス電荷用には「チオ酸型モノマー」を設計した。最終的には新規人工核酸の固相合成を検討するが、本課題の研究期間では、主に次の 2 点に焦点を絞って研究を推進した。

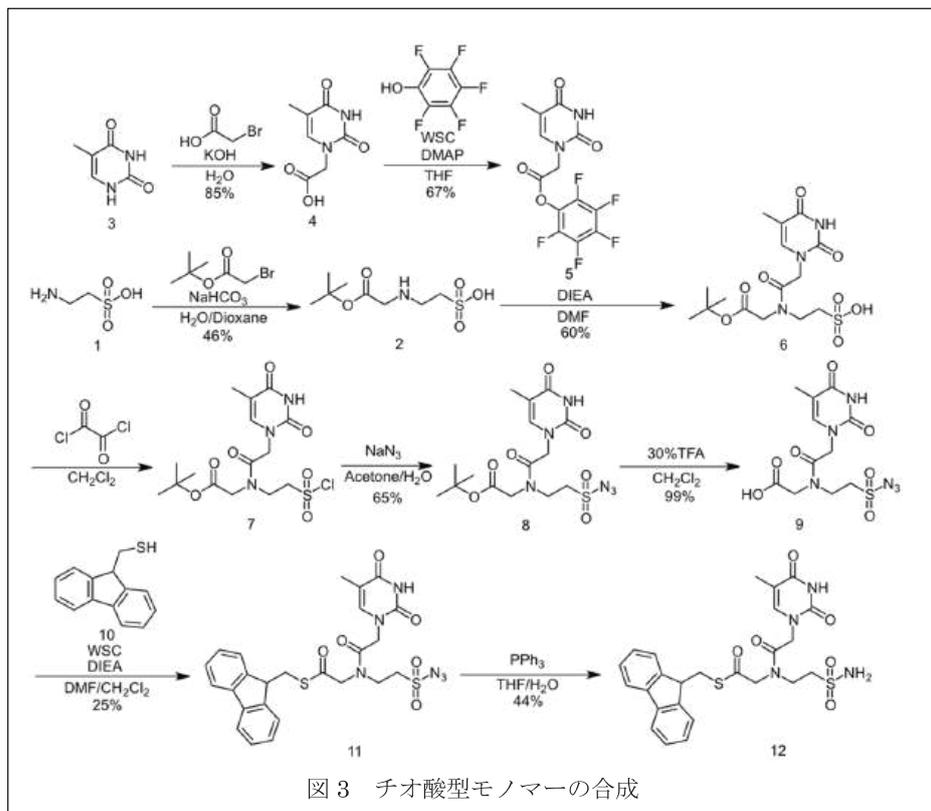
- ① 人工核酸のビルディングブロックとなるモノマーユニットの設計および化学合成
 ② モノマーユニットを用いたクリック反応による人工核酸の主鎖形成評価



3. 研究成果

- ① 人工核酸モノマーユニットの設計・化学合成

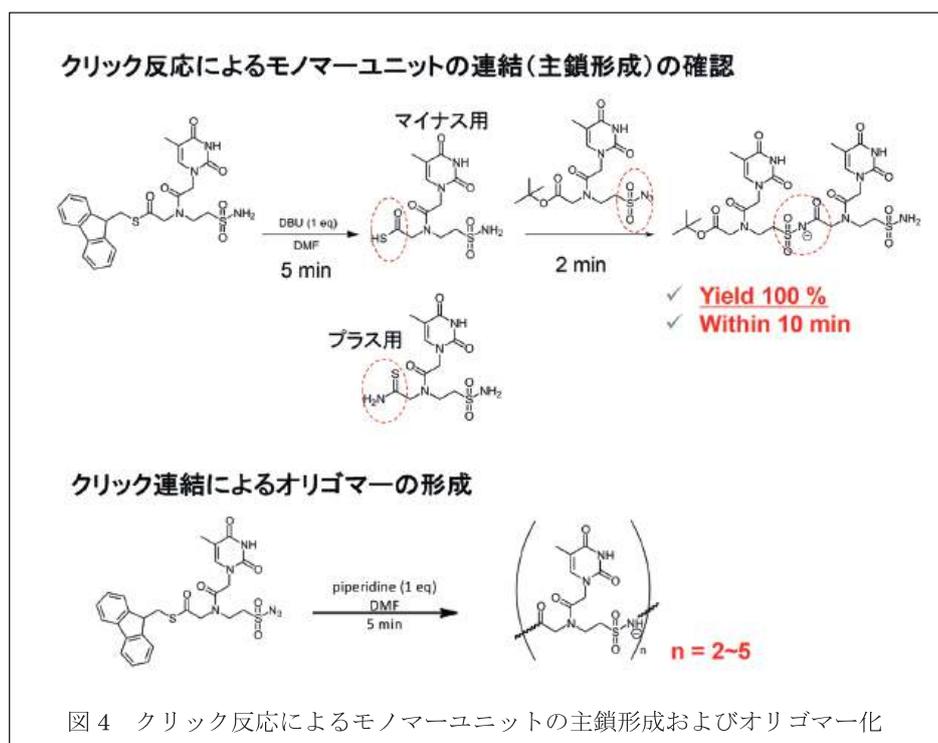
チオ酸型（マイナス電荷用）およびチオアミド型（プラス電荷用）それぞれのモノマーユニットの合成を進め、現在までに「チオ酸型モノマー」の化学合成を達成した（図3）。市販のチミン **3** とブロモ酢酸との反応により化合物 **4** へと誘導し、活性エステル化して核酸塩基ユニット **5** を得た。また、市販の化合物 **1** とブロモ酢酸誘導体との反応により **2** へと誘導し、その後チミン誘導体 **5** とのアミド化により、化合物 **6** を得た。末端のスルホン酸をスルホニルアジドへと変換することで、化合物 **8** へと誘導した。脱保護後にチオエステル化することで、「チオ酸型モノマー」の Fmoc 保護体



11 の合成を達成した。さらに、クリック反応による主鎖形成の確認実験に必要な 12 も合成した。

② クリック反応による人工核酸の主鎖形成

化学合成したモノマーユニットを用いて、クリック反応による主鎖形成について評価した (図 4)。まず、化合物 12 の Fmoc 基を脱保護してチオ酸体に誘導し、続いてスルホニルアジド体 8 とのクリック反応を行ったところ、目的とする 2 量体を室温で 10 分以内にはほぼ定量的に得ることができた (図 4 上)。非常に効率良く 2 量体が得られたことから、人工核酸の主鎖形成におけるクリック反応の有用性を確認することができた。続いて、モノマーユニットが複数連結したオリゴマーの合成も試みた (図 4 下)。スルホニルアジド誘導体 11 の Fmoc 基を脱保護すると、反応溶液内で連続的なクリック反応が進行し、2~5 量体のオリゴマーが生成した。この実験においてもクリック反応の有用性が確認できた。



4. 今後の展望

今後、マイナス電荷用の「チオ酸型モノマー」については、チミン以外の核酸塩基の導入について検討を進める。また、プラス電荷用の「チオアミド型モノマー」の化学合成も順調に進んでいることから、モノマーユニットの化学合成を完了させる。そしてこれらのモノマーユニットを用いて固相合成へと展開し、より効率的なオリゴマー合成法を確立する。さらに得られた人工核酸オリゴマーの物性を評価し、核酸医薬品としての展開を推進する。

5. 参考文献

- 1 . 2-Aminopyridine as a Nucleobase Substitute for Adenine in DNA-like Architectures: Synthesis of Alkynyl C-Nucleotides and Their Hybridization Characteristics. F. Kurosaki, J. Chiba, Y. Oda, A. Hino, M. Inouye, *J. Org. Chem.*, *85*, 2565–2569 (2020).
- 2 . A Firmly Hybridizable, DNA-like Architecture with DAD/ADA- and ADD/DAA-type Nonnatural Base Pairs as an Extracellular Genetic Candidate. W. Shirato, J. Chiba, M. Inouye, *Chem. Commun.*, *51*, 7043–7046 (2015).
- 3 . Artificial DNA Made Exclusively of Non-Natural C-Nucleosides with Four Types of Nonnatural Bases. Y. Doi, J. Chiba, T. Morikawa, M. Inouye, *J. Am. Chem. Soc.*, *130*, 8762–8768 (2008).
- 4 . Coupling Reaction of Thioamides with Sulfonyl Azides: An Efficient Catalyst-Free Click-Type Ligation under Mild Conditions. M. Aswad, J. Chiba, T. Tomohiro, Y. Hatanaka, *Chem. Commun.*, *49*, 10242–10244 (2013).
- 5 . Syndecan-4 is a receptor for clathrin-mediated endocytosis of arginine-rich cell-penetrating peptides. Y. Kawaguchi, T. Takeuchi, K. Kuwata, J. Chiba, Y. Hatanaka, Y. Futaki, *Bioconjugate Chem.*, *14*, 398–402 (2016).
- 6 . Novel coupling reaction between sulfonyl azide and *N,N,N',N'*-tetramethylthiourea. M. Aswad, J. Chiba, Y. Hatanaka, T. Tomohiro, *Tetrahedron. Lett.*, *60*, 1611–1613 (2019).

研究題目	COVID-19 感染早期免疫応答の解明と 画像診断法の確立
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部医学系・准教授・長岡健太郎
分野	臨床感染症
キーワード	COVID-19、画像診断

1. 研究の背景と目的

本研究の学術的背景

2020年1月以降、COVID-19 パンデミックが起り、本邦でも2024年6月に至るまで複数回の流行期がみられた [1]。COVID-19 は、第1～3波までは都心部に多くみられたが、第4波以降、SARS-CoV-2 ウイルスの変異株の発生が起り、富山県を含めた地方都市でも徐々に感染者の増加をみた。第4波ではアルファ株、第5波ではデルタ株が COVID-19 の流行変異株となり、従来株と比較して増強した病原性が認められた。人工呼吸器装着を要する重症患者が第4波（2021年4月～6月）以降増加に転じ、特にデルタ株流行期には30-40代の健康成人でも SARS-CoV-2 肺炎から重症呼吸不全を来し、人工呼吸器装着を要する患者が多数発生した。当時の日本国内では COVID-19 患者全例を隔離対象とし、重症症を問わず感染者を指定病床へ入院させていた。都心部では病床が不足し、自宅や隔離施設（医療機関以外の療養所）で経過観察されていた COVID-19 患者が重症化し、急死に至る事例が全国的に散発した。

COVID-19 の重症化は、SARS-CoV-2 によるウイルス肺炎と呼吸不全の急速な進行が主体とされる。肺以外の感染臓器として、心筋、髄膜や脳などもあるが稀である。致死的な市中肺炎を起こす病原体である肺炎球菌やインフルエンザウイルスの重症例と比較しても、COVID-19 重症での呼吸不全進行は急速である点が特徴的であった [1]。

こうした急速な呼吸不全の進行につながる SARS-CoV-2 肺炎における重要な病態生理として、「血管への感染・炎症波及が顕著である」という点があげられる。パンデミック初期の COVID-19 剖検例では、肺内の微小血管に SARS-CoV-2 ウイルス、炎症細胞の浸潤がみられ、また微小血管塞栓や血管拡張が顕著であることが報告されている [2, 3]。これらは、SARS-CoV-2 ウイルスが肺血管に感染し、「肺塞栓症」に準じた病態が形成されていることを意味する。肺塞栓症は通常、数 mm から 1 cm 前後の血栓が大静脈を通過して肺動脈主幹部に詰まり、肺内で急速な血流換気不均衡（V/Q ミスマッチ）を起こし、肺動脈の血流低下が顕著の場合は右心への負荷が増加し、右心不全に至る。通常、肺塞栓の発症は、血液中の線溶系マーカーの上昇や造影胸部 CT で肺血管内の血栓を確認することができる。一方、COVID-19 重症例では、微小な血栓が肺内末梢血管部分で起きるため、軽度の線溶系マーカー上昇はみら

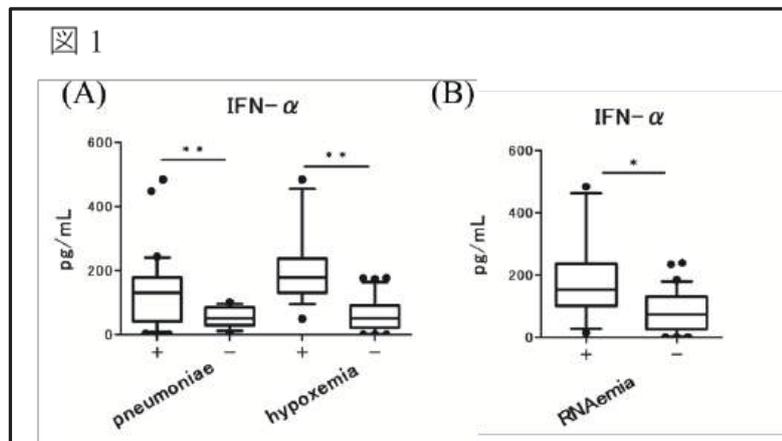
れるものの、胸部CTで血栓を確認できることは稀である。また、COVID-19での肺血管における微小血栓塞栓や血管炎では肺動脈の血流低下は限定的であり、右心不全（輸液負荷や昇圧剤で補正されない頑強な血圧低下）がみられることも稀とされた[1]。これらから、COVID-19重症肺炎の特徴の一つといえる急速な呼吸不全の進行は、肺間質～微小血管でのSARS-CoV-2感染に誘発された炎症、微小血管傷害・血栓塞栓によるV/Qミスマッチが主な病因とされた[1-3]。

COVID-19肺炎やそれに伴う呼吸不全は、SARS-CoV-2感染後数日（多くは5-7日）で顕在化する。感染後の重症化予測はCOVID-19診療上、特に重要であり、パンデミック発生後から多くの重症化予測因子が報告・提案され、その中でも年齢、高血圧、肥満、糖尿病が重要なリスク因子とされてきた[1]。血液検査では、IL-6やIFN- γ などがCOVID-19重症化予測因子として指摘されたが[4, 5]、いずれも実用性や特異性に課題が残り、十分な汎用には至らなかった。

こうした背景をふまえ、当院の前向き観察研究の中で、私は二つの研究を担当した。パンデミック初期（第1～5波）より当院では前向き観察として、COVID-19入院患者全例より同意取得の上、採血時の血清を全て保存し、流行期ごとの病態生理や臨床的特徴の解析を行っており、担当した二つの研究は前向き観察研究の一部として企画・実施された。

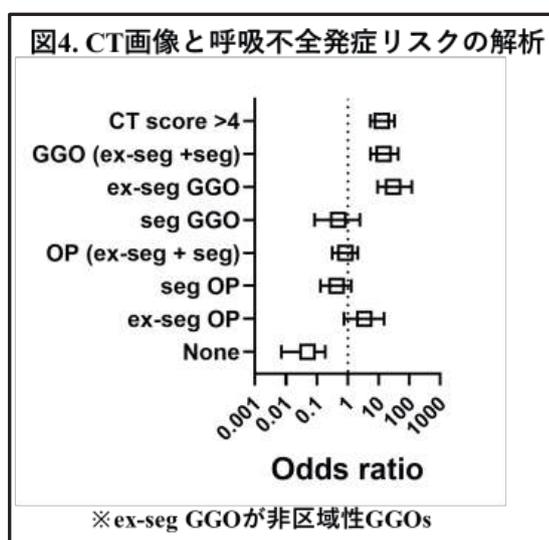
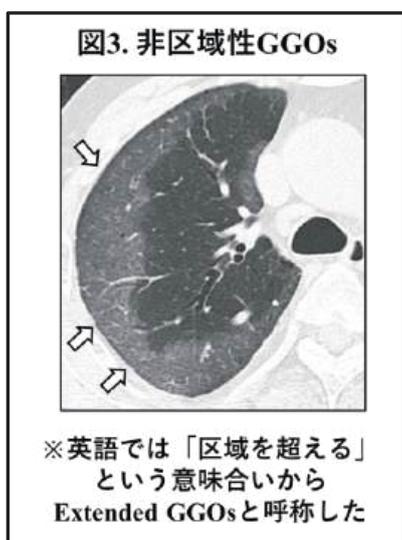
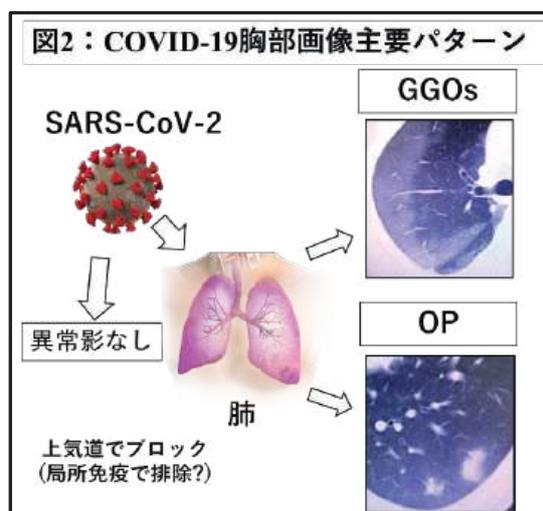
私が担当した一つ目の研究テーマが、「COVID-19重症肺炎例における主要な免疫応答の探索」であった[6]。海外でのCOVID-19重症肺炎例では、感染初期の血清中インターフェロン- α （IFN- α ）が低値となり、IFN- α を介した初期免疫応答が不十分となることが重症化の主因と理解されていた。しかしながら第5波に至るまで、海外でのCOVID-19での重症患者数や死亡数は国内よりも顕著に多く、日本人における重症化の病態生理が必ずしも同一の感染免疫を介さない可能性も考えられた。そこで、第4波・富山大学附属病院入院患者について感染初期のIFN- α を含む主要なサイトカインを測定し、肺炎発症や重症呼吸不全発症との関連性の検証を行った。結果としては、当院入院患者の肺炎、呼吸不全のいずれにもIFN- α 「高値」が関連していたことが判明した（図1A）。当院での肺炎発症者では、海外事例と比較して重症呼吸不全への進行頻度は低く、またほとんどが救命可能であった。

こうした病態ではIFN- α を介した免疫経路が十分応答していても、呼吸不全が起きることが示唆された。また、IFN- α は血中SARS-CoV-2値（RNAemia）と顕著に相関することも判明した（図1B）。IFN- α は、ウイルスへの生体防御への主要な自然免疫を構



成するインターフェロンの一つであり、血中に存在する樹状細胞で主に産生される [7]。このため、ウイルス感染初期の IFN- α 増加は血中へのウイルス侵襲を強く反映するものと考えられた。血中への SARS-CoV-2 侵襲は COVID-19 の重症化や死亡と相関することが複数報告されており [8]、また上述の SARS-CoV-2 と肺毛細血管との関連性などから、SARS-CoV-2 と微小血管侵襲に着目したさらなる検証が必要と考えるに至った。

COVID-19 前向き観察研究で私が担当した二つ目のテーマが、COVID-19 における胸部画像の検討であった [9]。COVID-19 肺炎の診断基準に「肺での新規異常影の出現」があり、CT での診断は最も確実な異常影同定方法である。第 4-5 波流行期の段階では、COVID-19 肺炎の胸部 CT 画像としてすりガラス影 (ground glass opacities, GGOs) が典型的な陰影であり、GGOs を含めた異常影の範囲が予後と相関することが、複数の論文にて報告されていた [10, 11] また、肺炎を発症したあと呼吸不全が軽度にとどまる症例では、器質化肺炎 (organizing pneumonia, OP) 像を呈する経口が COVID-19 の胸部画像の典型所見と理解されていた (図 2)。上述のように当院での COVID-19 患者は重症例が少なかったこともあり、胸部 CT 画像所見で最も多かった所見が GGOs である点は共通していたものの、GGOs の範囲よりも分布が呼吸不全とより強く関連する、あるいは OP 影が既報告よりも多い、などの特徴がみられていた。そこで、第 1~5 波における当院入院 COVID-19 全例の CT 画像所見と呼吸不全発症についての関連性を検証したところ、「胸膜直下に分布する非区域性 GGOs (図 3)」が、最も強く COVID-19 呼吸不全発症と相関することが判明した (図 4)。



さらに、RNAemia と非区域性 GGOs が強い相関性を示すことも判明した (表1)。これらから、胸膜直下に分布する非区域性 GGOs は肺末梢の静脈流が最も弱い部分に血流に沿って SARS-CoV-2 感染が拡大した所見を示すことが推察された。SARS-CoV-2 の血管侵襲は、COVID-19 重症化の最も重要な要因であり、非区域性 GGOs が感染早期の肺での微小血管侵襲と相関した場合、同画像パターンを検出が感染早期に重症化を予測する最も鋭敏な

表1. COVID-19主要画像パターンと呼吸不全/ウイルス量との関連性

	GGOs (n=48)	OP (n=29)	異常影なし (n=78)
呼吸不全発症	44 (91.7%)	7 (24.1%) *	2 (2.6%) *
鼻咽頭ウイルス量 (log copies/ μ L)	4.27 [2.5-5.1]	3.78 [2.2-4.4]	4.86 [3.7-5.6]
ウイルス血症	28/48 (58.3%)	5/29 (17.2%) *	11/75 (14.7%) *

ウイルス量：中央値 [4分位範囲]. *, p<0.05 vs GGOs.

指標になると言える。COVID-19 重症化予測で最も汎用される CT スコア (肺での異常影の範囲を定量的スコアで評価したもの) と比較したところ、本研究コホート内では非区域性 GGOs が最も強い呼吸不全予測因子であることが判明した。この研究成果は、COVID-19 画像診断に関する欧州主要ジャーナルに掲載されることとなった [9]。

こうした第5波までの COVID-19 に関する研究を行う中、2021年には SARS-CoV-2 に対するワクチンが普及し、本邦でも 2021年4~9月のワクチン接種の実施後、一旦 COVID-19 流行はおさまるところとなった。しかしながら、2022年1月からはオミクロン株の流行が起り、ワクチン普及前の流行期と比較しさらに多大な感染者が発生するところとなった。SARS-CoV-2 の感染性が増強した一方、その病原性については減弱が指摘されるようになった [1]。ワクチン普及前には、感染者の約30%に呼吸不全、9%に人工呼吸器装着を要する重症呼吸不全がみられたが、ワクチン普及後 (第6波以降)には肺炎・呼吸不全合併頻度の減少が報告されている [1]。当院での入院例でも第1~5波 (326例)の肺炎合併頻度が約7割であったのに対し、第6~8波 (225例)では約1割までの減少がみられた。このように第6波以降、COVID-19における肺炎発症頻度は減少傾向であったが、一定数の重症 COVID-19 肺炎例は発生し続けていた。多数の患者から少数の重症例を抽出する上で胸部 CT による画像診断は重要であり、主要な免疫応答との関連性を解明し、それに基づいた診断方法の確立は急務と考え、オミクロン株流行後の感染早期免疫応答と画像診断法についてさらに検討することとした。

本研究の目的

2022年1月以降に流行したオミクロン株感染者における感染早期の免疫応答と胸部 CT 所見の関連性を検証し、重症予測方法につながる知見を得ることを目的とした。オミクロン株流行前の COVID-19 と流行後の COVID-19 における相違点を明らかにすることも目的とした。

2. 研究方法

研究デザイン：

富山大学附属病院で実施されていた COVID-19 前向き観察研究の一部として行った（院内倫理委員会承認：R2019167）。対象患者は、2022年1月～4月までに RT-PCR 法で SARS-CoV-2 感染を診断された COVID-19 入院患者とした。また、対照群として、2020年12月～2021年9月までに入院した COVID-19 患者も評価対象とした。入院時に行われた採血検体のうち、血清は -80°C 冷凍庫に保管され、血清中のサイトカイン測定に使用した。

定義、選択基準：

肺炎は、入院時 CT 画像で新規炎症像を呈したものと定義した。呼吸不全は、室内気で SpO₂ 93%未満となった状態と定義した。

診療録から臨床経過、検査結果、予後、画像所見についてデータを収集した。

オミクロン流行期の患者選択基準は、18歳以上で、入院時胸部 CT 画像を撮像すること、入院2週間前までにワクチン接種を2回受けたこととした。一方、オミクロン流行前の患者については、入院2週間前までにワクチン接種のないことを選択基準とした。

CT 画像については、放射線科医と呼吸器科/感染症科医の二人で画像所見を確認し、画像的特徴について Fleischner Society Glossary of Terms for Thoracic Imaging [12]に基づき評価した。

画像パターンについては、GGOs、OP、それ以外とし、GGOs、OP については範囲が区域性、あるいは区域内か、それ以上に及ぶか（非区域性）について分類した。

CT 画像所見の定量的評価指標として、CT score も採用した [6, 11]。CT score 判定は既報に準じて、肺葉5領域について異常影の範囲ごとに採点を行い、総合点にて算出した：0点、関与なし；1点、肺葉<5%に異常影あり；2点、肺葉5–25%に異常影あり；3点、肺葉26–50%に異常影あり；4点、肺葉51–75%に異常影あり；5点、肺葉>75%に異常影あり。

RT-qPCR

RT-qPCR は当院微生物学教室にて実施した。定量評価は AcroMetrix Coronavirus 2019 (COVID-19) RNA Control (Thermo Fisher Scientific, Fremont, CA)を用いて行った。検出限度は 0.4 copies/ μL (2 copies/5 μL)となった。

インターフェロン、サイトカイン測定

血清インターフェロン、サイトカイン (IFN- α , IL-6, CXCL10, and VEGF) は市販の enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)キットを用いて測定した。IFN- α は VeriKine-HS Human IFN Alpha All Subtype ELISA Kit (PBL Assay Science, Piscataway, NJ, USA)、CXCL-10 は Human CXCL10/IP-10 ELISA Kit (Proteintech, Rosemont, IL, USA)、IL-6 は AuthentiKine™ Human IL-6 ELISA Kit (Proteintech)、VEGF は AuthentiKine™ Human VEGF ELISA Kit (Proteintech)を用いた。

シュードウイルス中和活性

シュードウイルスを使用したウイルス中和活性について、富山大学微生物学教室で Chemiluminescent reduction-neutralizing 試験を用いて測定した。Vero 細胞 (E6/TMPRSS2) を 100 倍希釈した患者血清を加え、pseudo-type SARS-CoV-2 とともに 24 時間培養。その後、ルシフェラーゼ活性を測定し、シュードウイルスへの感染性を評価した。本研究では、シュードウイルスとして以下の 4 タイプのウイルスを作成した： pCAG-SARS-CoV-2 S (Wuhan; WT); pCAGG-pm3-SARS2-Shu-d19-B1.1.7 (Alpha-derived variant); pCAGG-pm3-SARS2-Shu-d19-B1.617.2 (Delta-derived variant); and pCAGG-pm3-SARS2-Shu-d19-B1.1.529.1 (Omicron BA.1-derived variant)。

統計学的解析

患者の臨床像については中央値あるいは比率（パーセント）で表記した。2 群間の差は Mann-Whitney 検定か Fisher exact 検定を用いて評価した。3 群間の評価においては Steel-Dwass 検定を用いた。

相関性については、スピアマンの相関係数を用いて算出した。

3. 研究成果 [文献 13 より引用、一部改訂]

患者背景・臨床像・胸部画像所見

本研究では、オミクロン流行後感染例 48 人（ワクチン 2 回接種済）とオミクロン流行前感染例 137 人が解析対象となった。臨床像や主要画像パターンについて表 2 に提示する。

診断結果についてオミクロン感染群で年齢が有意に高い結果となった。また、オミクロン感染群では基礎疾患を持たないものが少なく、高血圧や糖尿病を基礎疾患として有するものが有意に多い結果となった。

RNAemia、呼吸不全、GGOs を主体とした肺炎の発症頻度は、両群間で有意な差は認められなかった。

一方、OP を主体とした肺炎

の発症頻度は、オミクロン群で有意に少ない結果となった。30 日以内に死亡した症例は本研究のコホートには含まれなかった。

胸部画像については、異常影を認めなかった頻度が、オミクロン感染群で 67%、非オミクロン

表2. COVID-19オミクロン前後での臨床的特徴

	オミクロン 流行前 (n=137)	オミクロン 流行後 (n=48)	P-value
年齢	49 [32-54]	63 [51-74]	<0.001
男性/女性	79/58	31/17	0.401
基礎疾患			
特になし	74 (54)	14 (29)	0.003
高血圧	25 (18)	20 (42)	0.001
糖尿病	8 (6)	8 (17)	0.046
BMI (kg/m ²)	22.5 [21-25]	25.4 [23-28]	<0.001
鼻咽頭ウイルス量 (log copies/μL)	4.8 [3.8-5.6]	4.4 [4.0-5.0]	0.112
RNAemia	31 (23)	5 (10)	0.104
呼吸不全	33 (24)	8 (17)	0.389
人工呼吸器装着	6	2	0.594
画像所見			
GGOs	46 (34)	11 (23)	0.169
OP	27 (20)	1 (2)	0.007
CT score	1.5 [0-6]	0 [0-1]	0.041
30日内の死亡	0 (0%)	0 (0%)	—

感染群で 45%となり、有意にオミクロン感染群で高い結果となった ($p < 0.01$)。また、CT score は、オミクロン感染群で 0 [0-1] 点、非オミクロン感染群で 1.5 [0-6] 点となり、オミクロン感染群で有意に低い結果となった。

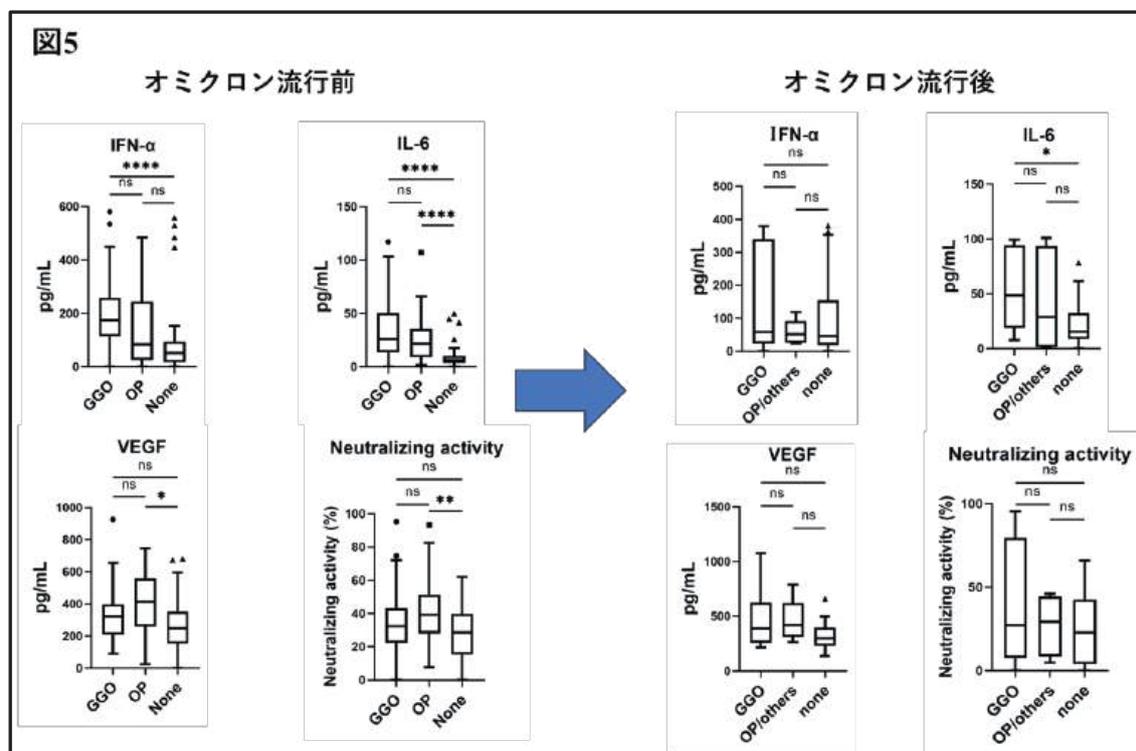
これらから、オミクロン群では「高齢者、基礎疾患を有する群が多く、肺炎は少なく、特に OP を主要画像パターンとする頻度が、オミクロン流行前の COVID-19 と比較して少ない」特徴が認められた。

オミクロン流行前後での各 biomarker 値と胸部画像所見との関連性

非オミクロン感染群では、異常影のなかった患者と比較し、GGOs が主体の肺炎群で IFN- α 、IL-6 が高値を示し、OP が主体の肺炎群で中和活性、VEGF が高値を示す結果となった [図 5 左]。

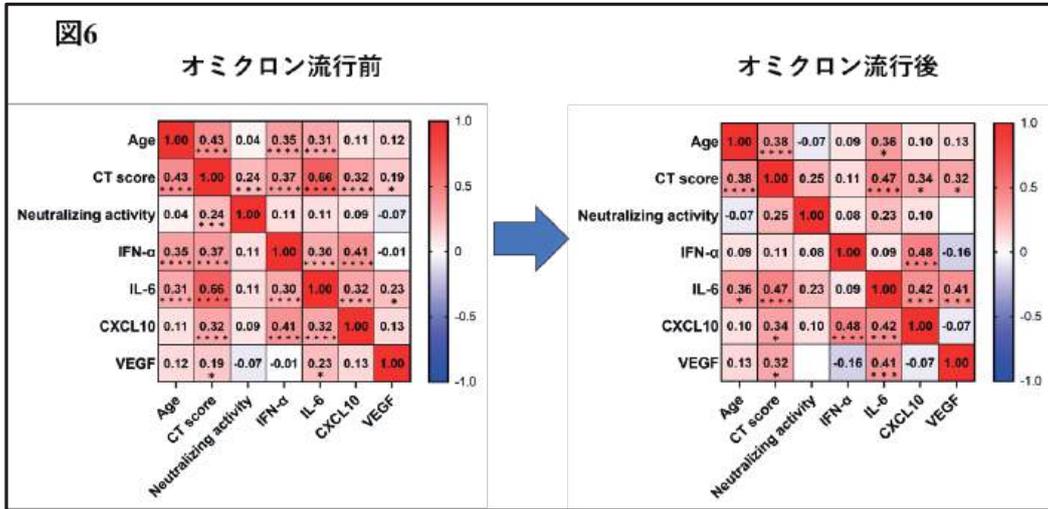
一方、オミクロン感染群では、異常影のなかった患者と比較し、GGOs が主体の肺炎群で IL-6 が高値を示し、OP が主体の肺炎群では有意な違いはみられなかった [図 5 右]。

オミクロン感染群では OP を主体とした肺炎例が少なかったこともあり、OP と免疫指標との関連性を十分検証できなかった可能性は残るが、全体の結果から、オミクロン感染群での肺炎発症患者では非肺炎発症患者と比較して IL-6 が高く、IFN- α と肺炎発症との関連が乏しい傾向を認めた。



オミクロン流行前後での各 biomarker 値と CT score との関連性

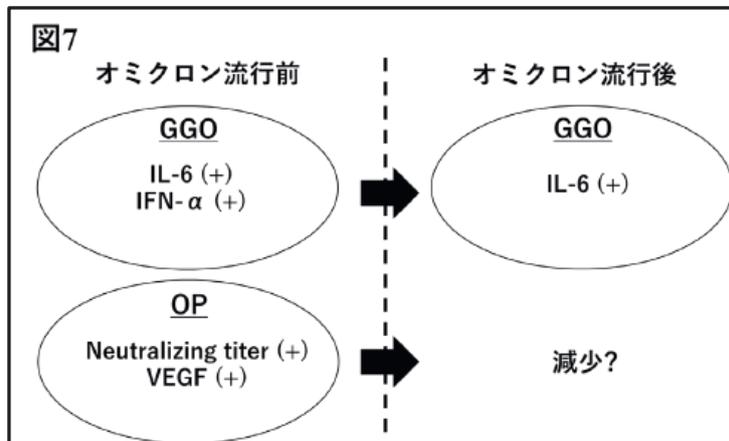
オミクロン流行前後の各 biomarker と CT score との相関値を correlation matrix (図6)にて示す。この解析にて、オミクロン流行後に IFN- α と CT score との関連性も低くなっており、IFN- α と肺炎との関連性が乏しくなっていることが確認された。



結果のまとめ

本研究にて、オミクロン流行後では肺炎、特に OP を主体とした肺炎の発症頻度が減少したことが確認された。また、オミクロン感染例では IFN- α と肺炎との関連性がみられなかった。先行研究[6]で、IFN- α 値は肺炎や呼吸不全、RNAemia と顕著な関連性を示していたが、これらの変化はオミクロン感染で発症頻度が低くなったことと何らかの関連性があるものと考えられた。

オミクロン株では、肺胞上皮細胞への接着能が低下するという報告[14]や、IFN- α を含むインターフェロンからの逃避能が従来株と比較して高い傾向が報告されている[15, 16]。富山大学で診療した COVID-19 入院患者の検証でも、オミクロン株感染時に IFN- α を up-regulate する機序が作動しなかった可能性が示唆される結果がえられた。一方、オミクロン株による肺炎でも IL-6 は肺炎発症と強い関連性を示した。また、オミクロン株による重症肺炎も一定頻度で発生しており、その際の画像所見では GGOs が主体であった。これらの結果より、オミクロン株による COVID-19 肺炎では IL-6 と GGOs が呼吸不全発症と顕著に関連しており、診療時に留意すべきと考えられた。



4. 今後の展望

今回、富山大学附属病院への COVID-19 入院患者全例を対象とした前向き観察研究を通じ、オミクロン株流行前後での肺炎、呼吸不全発症と胸部画像所見、感染初期の主要な免疫応答との関連性を検証することができた。全体を通して、本研究から「非区域性 GGOs」が SARS-CoV-2 ウイルス性肺炎において呼吸不全発症を予測する最も顕著な臨床因子であることを解明しえたことが、最大の研究成果であった。

2024 年 6 月時点で、COVID-19 による重症肺炎例は 2022 年 1 月以降と類似した頻度で発生している。当初期待された集団免疫による SARS-CoV-2 の消滅は達成されず、ワクチンや獲得免疫によるウイルス中和活性の研究報告などから、獲得免疫の経時的な減衰に従って SARS-CoV-2 変異株流行は周期的に発生することが予想される。その中で、本研究で得た SARS-CoV-2 肺炎の主要画像所見や IL-6 を主要経路とした感染免疫応答の理解は、今後も有用な知見として国内外の診療の基盤になりうるものと考ええる。

私個人は、本研究が単施設で行わざるを得なかった当時の状況に一番の課題を考えるに至った。本研究成果は本質的に COVID-19 診療の核心に触れたものであり、国内外でより広く周知する上で、単施設の研究デザインが limitation となった。

そこで今年度、当講座が中心となり県内基幹病院 7 施設で菌血症に関する多施設共同研究を企画・遂行するに至った。菌血症は全病院での感染対策上、最も頻度が高く、重要な感染症である。そうした感染症を県内施設でリアルタイムに共有し、現状の課題、新規病原菌発生状況などを把握し、積極的に県外に発信できる体制を構築する見込みである。

COVID-19 で経験した新興感染症の脅威に対し、感染症専門医は当時での診療に学んだ教訓を振り返り、次にパンデミックが起こった際に十分な備えをしていく必要がある。県内での感染症ネットワークを実診療や学術的な視点でも強固にし、COVID-19 を含めた主要感染症にリアルタイムに対応していける体制の構築を目指して行きたい。

5. 参考文献

1. COVID-19 診療の手引き 第 10.1 版; 2024 年 4 月
2. Calabrese F, Pezzuto F, Fortarezza F, et al. Pulmonary pathology and COVID-19: lessons from autopsy. The experience of European pulmonary pathologists. *Virchows Arch* 2020;477:359-72.
3. Kianzad A, Meijboom LJ, Nossent EJ, et al. COVID-19: Histopathological correlates of imaging patterns on chest computed tomography. *Respirology* 2021;26:869-877.
4. Coperchini F, Chiovato L, Rotondi M. Interleukin-6, CXCL10 and Infiltrating Macrophages in COVID-19-Related Cytokine Storm: Not One for All But All for One! *Front Immunol.* 2021;12:668507.

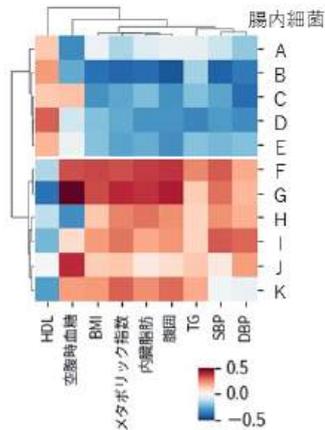
5. Sugiyama M, Kinoshita N, Ide S, et al. Serum 17CCL Serum CCL17 level becomes a predictive marker to distinguish between mild/moderate and severe/critical disease in patients with COVID-19. *Gene*. 2021;766:145145.
6. Nagaoka K, Kawasuji H, Murai Y, et al. Circulating Type I Interferon Levels in the Early Phase of COVID-19 Are Associated With the Development of Respiratory Failure. *Front Immunol*. 2022;13:844304.
7. Crouse J, Kalinke U, Oxenius A. Regulation of antiviral T cell responses by type I interferons. *Nat Rev Immunol*. 2015;15:231-42.
8. Ram-Mohan N, Kim D, Zudock EJ, et al. SARS-CoV-2 RNAemia predicts clinical deterioration and extrapulmonary complications from COVID-19. *Clin Infect Dis* 2022;74:218-226.
9. Nagaoka K, Kawasuji H, Takegoshi Y, et al. Association of subpleural ground-glass opacities with respiratory failure and RNAemia in COVID-19. *Eur Radiol*. 2023;33:4713-4722.
10. Colombi D, Bodini FC, Petrini M, et al. Well-aerated lung on admitting chest CT to predict adverse outcome in COVID-19 pneumonia. *Radiology* 2020;296:E86-E96.
11. Francone M, Iafrate F, Masci GM, et al. Chest CT score in COVID-19 patients: correlation with disease severity and short-term prognosis. *Eur Radiol* 2020;30:6808-6817.
12. Hansell DM, Bankier AA, MacMahon H, et al. Fleischner Society: glossary of terms for thoracic imaging. *Radiology* 2008;246:697-722.
13. Nagaoka K, Kawasuji H, Takegoshi Y, et al. Dominant CT Patterns and Immune Responses during the Early Infection Phases of Different SARS-CoV-2 Variants. *Viruses*. 2023;15:1304.
14. Hui KPY, Ho JCW, Cheung MC, Ng KC, Ching RHH, Lai KL, et al. SARS-CoV-2 Omicron variant replication in human bronchus and lung ex vivo. *Nature*. 2022;603:715-720.
15. Guo K, Barrett BS, Morrison JH, Mickens KL, Vladar EK, Hasenkrug KJ, et al. Interferon resistance of emerging SARS-CoV-2 variants. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2022; 119:e2203760119.
16. Alfi O, Hamdan M, Wald O, Yakirevitch A, Wandel O, Oiknine-Djian E, et al. SARS-CoV-2 Omicron Induces Enhanced Mucosal Interferon Response Compared to other Variants of Concern, Associated with Restricted Replication in Human Lung Tissues. *Viruses*. 2022;14:1583.

研究題目	メタボリック症候群の予防を目指したヒト腸内細菌の作用機序の解明
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部医学系・准教授・藤坂 志帆
分野	糖尿病代謝
キーワード	腸内細菌、肥満、生薬

1. 研究の背景と目的

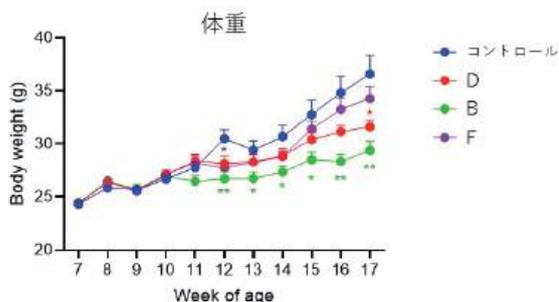
近年、腸内細菌叢の破綻が肥満や糖尿病などの原因になることが知られるようになり、関心が高まっている[1]。本来腸内細菌は我々の健康にとって有益な作用を担うものであるが、高脂肪、低食物繊維などの偏った食事や様々な生活習慣が腸内細菌バランスの変化や多様性の低下を引き起こし、それが腸内細菌由来の代謝産物の変化、腸管バリア機能の破綻などを介して肥満や2型糖尿病などの代謝異常を引き起こす[2]。そのため、腸内細菌の生体への作用を理解し、その有益な作用を引き出すことが、肥満やメタボリック症候群の新たな治療戦略として期待されている。

図1 メタボリック症候群の指標と相関のある腸内細菌



富山県企業健診受診者 49 名からメタボリック症候群関連項目（腹囲、内臓脂肪量、BMI、脂質、血糖、HbA1c など）と3日間の食事内容から算出した摂取栄養分析、生活習慣に関連する問診結果と便の腸内細菌叢を解析し各種パラメータとの相関解析を行った。その結果、メタボリック症候群の病態と相関のあった腸内細菌 11 種類を同定した（図1）。その中の腸内細菌 B と D は高脂肪食を投与したマウスに継続的に投与すると肥満が抑制され（図2）、糖代謝が改善した。本研究では、腸内細菌 B と D の肥満抑制作用のメカニズムを明らかにすることとした（目的①）。

図2 高脂肪食負荷マウスにおける、腸内細菌移植の体重への影響



腸内細菌 *A. muciniphila* はマウスやヒトにおいて代謝改善作用が報告されている菌種[3, 4]で、これを増加させる食品成分や薬剤の探索が世界的に行われている。我々はビールの醸造過程で産生されるホップ由来のポリフェノールであるイソキサントフモールが *A. muciniphila* を直接増加させ、抗肥満作用を示すことを報告した。この研究の中で、この *A. muciniphila* が小腸からの脂肪酸吸収トランスポーターの発現低下を介して脂質の吸収を阻害し、肥満を軽減することを見出

した[5]。さらに和漢薬、防風通聖散が高脂肪食負荷マウスにおいて、この腸内細菌 *A. muciniphila*を増加させて糖代謝を改善させる[6]。そこで *A. muciniphila*を増加させる生薬の同定を試みることにした（目的②）。

2. 研究方法

腸内細菌 B, D を嫌気チャンバー内で培養し、マウスに週 3 回経口投与しながら高脂肪食を与えた。体重や摂餌量、経口糖負荷試験、インスリン負荷試験などを評価し、便、血漿、小腸、大腸、内臓脂肪、肝臓などを摘出し解析に用いた。便の脂質分析、エネルギー量測定、小腸、大腸、内臓脂肪組織、肝臓の各種遺伝子発現を QPCR、タンパク量を組織染色、ウェスタンブロットなどで評価した。

また、生薬は富山大学和漢医薬総合研究所の所有する生薬ライブラリーの提供を受けた。嫌気チャンバー内で *A. muciniphila*を培養し、培地に生薬を 200 μ g/mL で添加し 24 時間培養したのち、培地の濁度測定 (OD₆₀₀)、*A. muciniphila*の DNA 量を定量することで *A. muciniphila*の増殖効率を評価した。In vivo 実験では、普通食、あるいは高脂肪食を投与したマウスに生薬を 1 mg/g 体重で 3~6 週間経口投与し、体重や糖代謝を評価した。腸内細菌叢解析は、新鮮な便を採取後に DNA を抽出し、生物技研に送付して 16S rRNA シークエンスを行い解析した。

3. 研究成果

<目的①>

高脂肪食負荷マウスに腸内細菌 B, D を経口投与したところ、肥満が抑制され脂肪肝や耐糖能が改善した（図 2）。一方これらの菌を 70℃で 30 分間低温で殺菌し投与すると、抗肥満作用、耐糖能改善作用がキャンセルされたことから腸内細菌 B, D による肥満予防作用は生菌の作用であることが示唆された。抗肥満作用のメカニズムとして、B 菌や D 菌を投与されたマウスは便中に排泄されるエネルギー量が有意に増加しており（図 3）、便中の脂肪酸とりわけ飽和脂肪酸含有量が増加していた。小腸の脂肪酸吸収トランスポーター CD36 の発現量が減少していたことから、これらの腸内細菌は小腸の脂肪酸吸収を抑制し、高脂肪食負荷下で抗肥満作用を発揮するもの

図 3 便中へのエネルギー排泄量

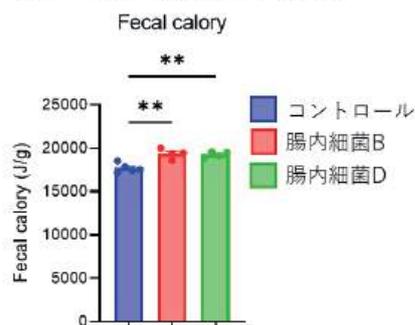
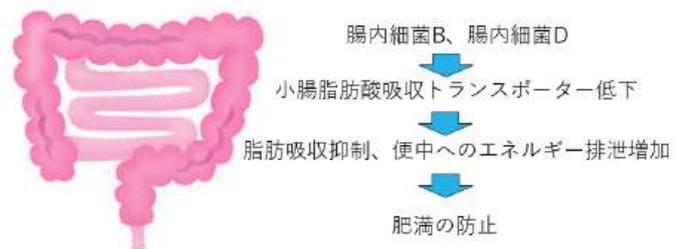


図 4



と考えられた (図4)。このように、健診では比較的健常と考えられるヒトにおいて、その生活習慣などの影響から腸内細菌叢が特徴づけられ、B 菌や D 菌の減少がメタボリック症候群の病態を促進する可能性が示唆された。

<目的②>

A. muciniphila を増加させる生薬の探索では富山大学和漢医薬総合研究所から提供を受けた生薬 119 種類を用いてスクリーニングを行った。*A. muciniphila* と 24 時間培養を行い、培地の濁度の上昇および *A. muciniphila* DNA 量の増加を認めたトップ 15 の生薬を選び出した (図5)。これらをマウスに投与し、最終的に *A. muciniphila* を最も効率的に高めた生薬として山

図5 生薬ライブラリーを用いた *A. muciniphila* の増殖を促す生薬のスクリーニング

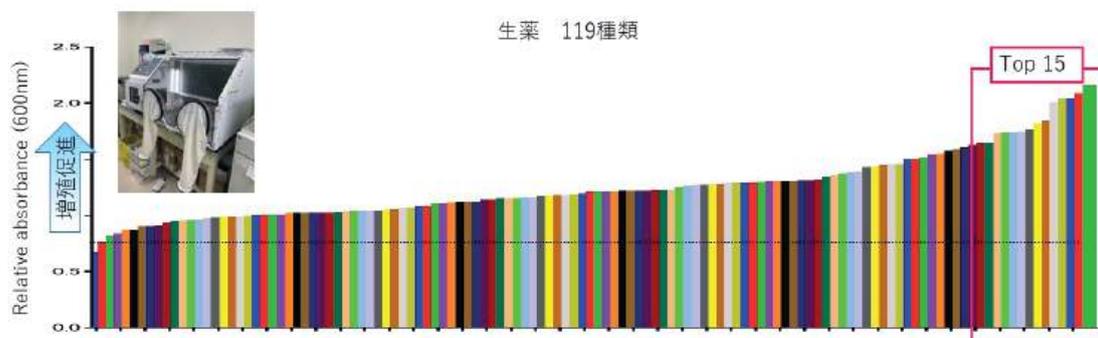


図6 山薬は体重増加を抑制する

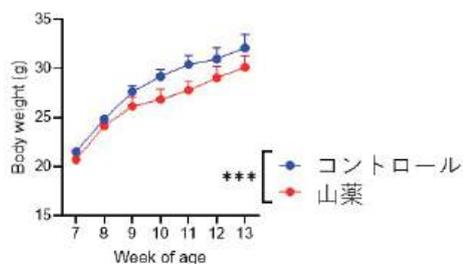
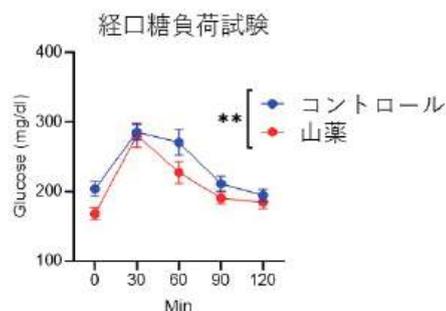


図7 山薬は糖代謝を改善する



薬を同定した。高脂肪食負荷マウスに山薬を投与すると、体重増加が抑制され (図6)、脂肪肝が改善し、糖負荷試験において糖代謝が改善した (図7)。*A. muciniphila* の増加とともに糖代謝が改善することを見出し、日本糖尿病学会の学会誌 *Diabetology International* に報告した [7]。

4. 今後の展望

近年腸内細菌は、私達の代謝や生命活動の恒常性に重要な役割を持つことが明らかとなり、アンバランスな食事や肥満が引き起こす腸内細菌叢の破綻がインスリン抵抗性を引き起こし 2 型

糖尿病などの疾患リスクを増加させることがわかってきた。腸内細菌叢の破綻を是正する方法として現在考えられるのは、食物繊維を含むバランスの取れた食事、プレバイオティクス、プロバイオティクス、それらを組み合わせたシンバイオティクス、薬剤や腸内細菌移植などである。これまでのところ肥満や2型糖尿病の治療に確立された腸内細菌治療はないものの、今回報告した腸内細菌BやDのように、個々の腸内細菌種は宿主に対し、エネルギー代謝を調節する役割を持っているものがある。日本人の健診受診者において、まだ病気と診断されないうちから生活習慣によって腸内細菌叢のプロファイルが変化している。その中からメタボを予防する効果がある腸内細菌種があることを示し、そのメカニズムを明らかにすることは、地域文化に根ざした生活習慣の改善を目指す上で大きな動機付けの要素となる。

富山県は一般に健康に良いと考えられる魚の摂取量が日本一であるにも関わらず、車社会で平均歩数が少なく、揚げ物や冷凍食品への支出が全国トップクラスでメタボリック症候群、2型糖尿病の罹患率が高い（厚生労働省特定健康診査・特定保健指導に関するデータ）。従って、県民に生活習慣改善への意識を高める対策が急がれる。

腸内環境への介入が、インスリン抵抗性を改善できる可能性



5. 参考文献

1. Le Chatelier E, Nielsen T, Qin J, Prifti E, Hildebrand F, Falony G, et al. Richness of human gut microbiome correlates with metabolic markers. *Nature*. 2013;500(7464):541-6. doi: 10.1038/nature12506.
2. Fujisaka S, Watanabe Y, Tobe K. The gut microbiome: a core regulator of metabolism. *J Endocrinol*. 2023;256(3). doi: 10.1530/JOE-22-0111.
3. Plovier H, Everard A, Druart C, Depommier C, Van Hul M, Geurts L, et al. A purified membrane protein from *Akkermansia muciniphila* or the pasteurized bacterium improves metabolism in obese and diabetic mice. *Nat Med*. 2017;23(1):107-13. doi: 10.1038/nm.4236.

- 
4. Depommier C, Everard A, Druart C, Plovier H, Van Hul M, Vieira-Silva S, et al. Supplementation with *Akkermansia muciniphila* in overweight and obese human volunteers: a proof-of-concept exploratory study. *Nat Med.* 2019;25(7):1096-103. doi: 10.1038/s41591-019-0495-2.
 5. Watanabe Y, Fujisaka S, Morinaga Y, Watanabe S, Nawaz A, Hatta H, et al. Isoxanthohumol improves obesity and glucose metabolism via inhibiting intestinal lipid absorption with a bloom of *Akkermansia muciniphila* in mice. *Mol Metab.* 2023;77:101797. doi: 10.1016/j.molmet.2023.101797.
 6. Fujisaka S, Usui I, Nawaz A, Igarashi Y, Okabe K, Furusawa Y, et al. Bofutsushosan improves gut barrier function with a bloom of *Akkermansia muciniphila* and improves glucose metabolism in mice with diet-induced obesity. *Sci Rep.* 2020;10(1):5544. doi: 10.1038/s41598-020-62506-w.
 7. Fujisaka S, Watanabe Y, Toume K, Morinaga Y, Nawaz A, Kado T, et al. Identification of herbal drug extracts that promote growth of *Akkermansia muciniphila* in high-fat diet fed mice. *Diabetol Int.* 2024; published: 06 April. doi: 10.1007/s13340-024-00713-w.

研究題目	睡眠時における記憶痕跡の活動動態
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部医学系・准教授・宮本大祐
分野	神経科学
キーワード	睡眠、記憶、情動、光遺伝学・光生理学、マウス

1. 研究の背景と目的

脳は一日中絶え間なく活動しているが、覚醒時に比べて睡眠時の脳が認知機能に果たす役割の解明は困難であった。そこで、研究代表者は、覚醒中の学習課題時と睡眠時を通じて神経回路をイメージング・光操作する実験系の開発により、睡眠と記憶の関係を研究している(図1; Miyamoto, Neurosci Res, 2022)。研究代表者は、睡眠時の記憶回路動態を脳領域/細胞/シナプスの各階層において解明してきた (Miyamoto et al., Science, 2016; Miyamoto et al., Front Neural Circuits, 2017; Miyamoto et al., Nat Commun, 2021)。まず、自然な睡眠/覚醒サイクルを生じる自由行動マウスにおいて、光ファイバーを用いた神経活動のイメージング・光操作法を確立した (Miyamoto & Murayama, Neurosci Res, 2016)。そして、脳波のリアルタイム解析による睡眠状態選択的なクロードループ光操作系を開発し、ノンレム睡眠時の大脳皮質トップダウン回路が記憶に果たす役割を因果的に解明した。さらに、学習後の睡眠時に、記憶痕跡細胞が再活性化し、記憶痕跡シナプスが相対的に強化されることを解明した。研究代表者は、イメージング・光操作技術を睡眠研究に適用することにより、睡眠時の神経回路動態をマルチスケールで解明してきている。

精神疾患においては、睡眠障害や記憶障害を併発しやすい。不安障害の一つである心的外傷後ストレス障害 (PTSD) の生涯有病率は男性が約5%、女性が約10%である。そして、睡眠は記憶を定着させる良い面もあるが、PTSD患者はトラウマ体験のフラッシュバックや悪夢を生じる。しかし、生得的な性差と短時間のトラウマ体験を繋ぐ中時間スケールの睡眠の研究は未だ十分に行われていない(図2)。脳研究に広く使用される脳波やfMRIは脳広域活動を計測できるが、恐怖/消去記憶回路の活動を分離できない。細い光ファイバーを使用して細胞種選択的に集合活動を蛍光計測するファイバーフォトメトリーは多数の脳領域を標的としやすい(Miyamoto & Murayama, Neurosci Res, 2016)。以上の背景を踏まえて、本研究は、睡眠が情動記憶に果たす役割における性差の解明と、情動記憶回路動態への生体光学的なアプローチの確立を目的とした。

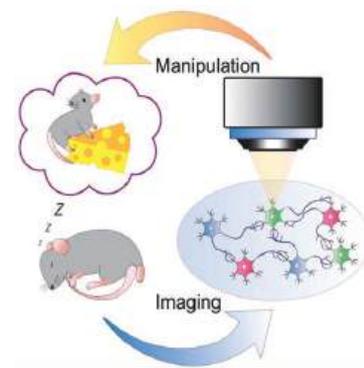


図1. 睡眠時の記憶回路動態のイメージングと光操作。



図2. 生得的な性差と行動タスクを繋ぐ中時間スケールの睡眠を理解する。

2. 研究方法

マウスの恐怖条件付け課題

雌雄のマウスにおいて、音刺激と電気ショックを組み合わせる聴覚性恐怖条件付けと、その後音提示を単独で繰り返し提示する消去トレーニングを行った。30秒間の音刺激の最後に電気ショックを行う遅延条件付けのプロトコルを用いた。1日目の恐怖条件付け時に、雌雄のマウスにおいて、恐怖反応であるすくみ反応の上昇が生じた。雄マウスにおいて、消去トレーニング後の15日間のインターバルにより恐怖記憶の再発が生じ、その後2回目の消去トレーニングにより恐怖反応が抑制された(図3上)。雌マウスは1回目の消去トレーニングでは恐怖反応が抑制されなかったが、2回目の消去トレーニングにより恐怖反応が抑制された(図3下)。電気ショックと連合した音(CS+)は連合しなかった音(CS-)や音提示前のベースラインに比べて大きな恐怖反応を生じた。CS-やベースラインにおいて恐怖反応に性差は見られなかった。

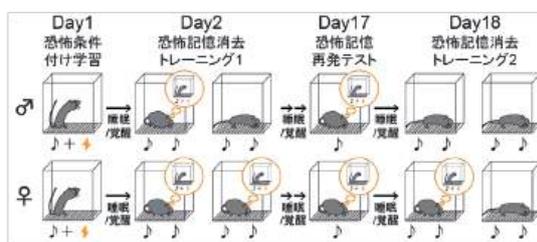


図3. 遅延条件付けの消去学習における性差。

恐怖条件付けプロトコルとして、音刺激のあとにインターバルを置いてから電気ショックを提示するトレース条件付けも使用した(図4)。トレース条件付けにおいては、音と電気ショックを連合させるために、音情報をインターバルの間保持する必要がある。トレース条件付けは海馬依存性のタスクであり、睡眠時の海馬の脳波に依存性である可能性がある。トレース条件付け直後の6時間断眠を行った。雄マウスの断眠は次の日の消去トレーニングに影響を与えなかったが、雌マウスの断眠は消去学習を促進した。断眠は2日目の消去トレーニングの初期に影響がないことから、恐怖記憶回路ではなく、消去記憶回路に影響している可能性が考えられる。一方で、恐怖条件付けにより活性化した恐怖記憶回路が学習直後の断眠の影響を受けている可能性も考えられる。

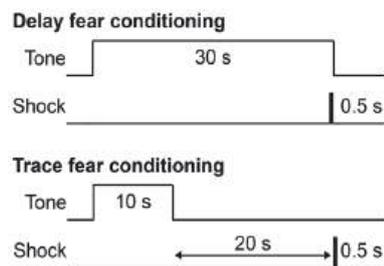


図4. 遅延条件付けとトレース条件付けのプロトコル

生体光学による神経活動の計測・操作

S/N比の良い遺伝子コード型のCa²⁺センサー(GECI)や高速計測が可能な膜電位センサー(GEVI)により、情動記憶に関連する前頭前皮質や海馬や扁桃体の活動を計測した。GECIやGEVIを細胞種選択的に発現させるために、アデノ随伴ウイルス(AAV)を使用した。GECIやGEVIのファイバーフォトメトリー、GEVIの一光子ワイドフィールドイメージング、GECIの二光子イメージングを行った。ファイバーフォトメトリーや一光子ワイドフィールド顕微鏡は高速計測に利点を有しており、二光子顕微鏡は空間解像度に利点を有している。特に、ファイバーフォトメトリーは自由行動下における行動タスク時や睡眠時の神経活動を計測できる。

ファイバーフォトメトリーにより、消去記憶を担う IL (infralmbic cortex) へ投射する神経細胞の Ca^{2+} 活動を扁桃体や腹側海馬において jGCaMP8s により計測した(図 5)。逆行性の AAV を IL に局所注入して、軸索末端から取り込まれて軸索を逆行的に伝送させて扁桃体や腹側海馬の IL 投射細胞に jGCaMP8s を発現させた。jGCaMP8s は紫外光(405nm) 励起による Ca^{2+} 非依存性蛍光と青色光(470nm) 励起による Ca^{2+} 依存性蛍光を交互に観察することができ、光ファイバーの湾曲や脳の揺れに伴うモーションアーチファクトの補正に利用した。

CMOS カメラを利用して、複数の光ファイバーの蛍光シグナルを同時計測できる(図 6)。市販品は 10 軸未満の光ファイバーを使用する製品が多いが、様々な情報を統合する役割のある前頭前皮質の入出力回路を理解するために、19 軸の光ファイバーバンドルを使用して計測システムを構築した。個々の光ファイバーをマウス脳内に埋め込んだ光ファイバーに接続して、 Ca^{2+} 依存的な蛍光シグナルを観察した。

神経細胞はミリ秒スケールで活動しており、GEVI による高速計測の実験系を構築した。扁桃体に光ファイバーを適用して、興奮性神経細胞を青色光により光遺伝学的に刺激して、その自己応答を赤蛍光の膜電位インディケーター(VARNAM)により高速計測した。初期の脱分極応答と後期の過分極応答を計測した。さらに、聴覚刺激や電気ショックに対する扁桃体の興奮性神経細胞の脱分極応答を膜電位計測した。また、一光子ワイドフィールド顕微鏡により麻酔下の大脳皮質徐波を計測した。

ファイバーフォトメトリーは個々の神経細胞の活動を分離することは困難である。そこで、恐怖記憶を担う PL (prelimbic cortex) や海馬において、2 光子多細胞 Ca^{2+} イメージングを行った(図 7)。GRIN(屈折率分布型) レンズを使用して、脳深部への光学アクセスを可能とした。

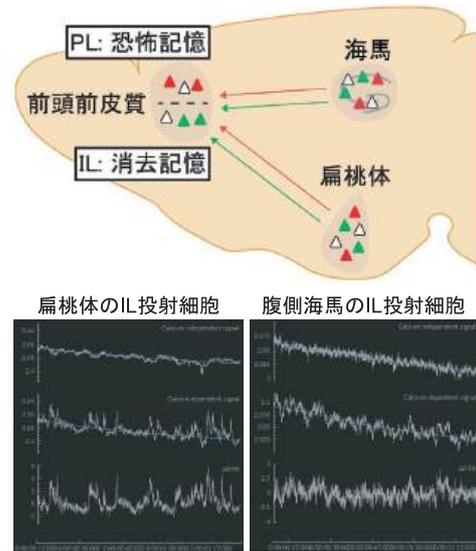


図 5. IL 投射細胞の Ca^{2+} 活動のファイバーフォトメトリー計測

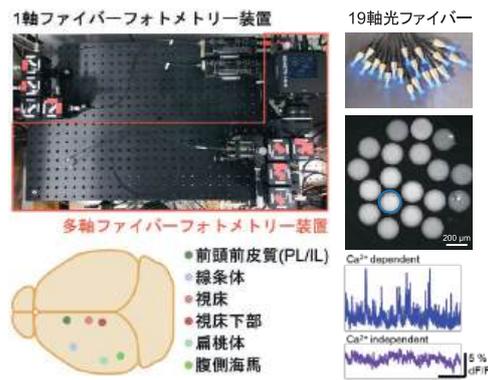


図 6. 多軸ファイバーフォトメトリー装置の構築

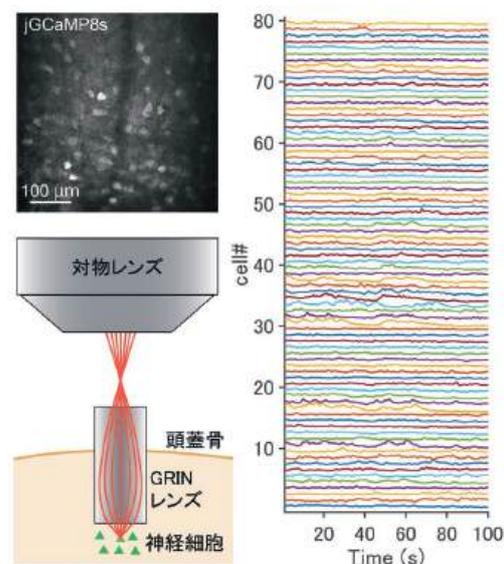


図 7. 脳深部 2 光子 Ca^{2+} イメージング

3. 研究成果

恐怖条件付けにおいて2種のプロトコルを検討して、性差を観察した。遅延条件付けにおいて、雌マウスは恐怖記憶の消去が遅かった。トレース条件付け直後の6時間の断眠は、次の日の恐怖記憶消去を促進した。断眠は消去トレーニング(約30分)の初期ではなく後期の恐怖反応を抑制した。この結果は運動学習の直後の断眠が2日目のトレーニング時の初期の運動成績を低下することを(Miyamoto et al., Nat Commun, 2021)踏まえると以外な結果であった。今後、恐怖記憶回路と消去記憶回路のどちらが断眠や性差の影響を受けるのかを解明することが求められる。トラウマ体験後の断眠実験は、ヒトの状況に擬えるとお通夜に近い。しかし、断眠実験もお通夜も多少のストレスを伴うものであるため、ストレスを与えずに睡眠時の神経活動を操作する光遺伝学実験(Miyamoto et al., Science, 2016)も今後行うべきであると考えられる。

生体光学計測技術は脳表面を中心として発展してきたが、本研究ではファイバーフォトメトリーやGRINレンズにより脳深部への適用を可能として、情動記憶回路の理解を進めた。前頭前皮質の入出力回路を広域解明するため、従来よりも多数の光ファイバーを用いた多軸ファイバーフォトメトリー装置の構築にも成功した。

4. 今後の展望

本研究期間において確立した脳広域の生体光学技術等を用いて、睡眠時の情動回路バランスの性差をマルチスケールに理解していきたい。さらに、脳活動計測や感覚刺激を利用した睡眠や情動記憶の理解は臨床的にも有意義な知見を与えられよう。

5. 参考文献

1. K. Inokuchi, D. Miyamoto, NSR special issue “The idling brain in cognition”, Neuroscience Research, 2023, 189, 1-2
2. D. Miyamoto, Neural circuit plasticity for complex non-declarative sensorimotor memory consolidation during sleep, Neuroscience Research, 2023, 189, 37-43
3. D. Miyamoto, Optical imaging and manipulation of sleeping-brain dynamics in memory processing, Neuroscience Research, 2022, 181, 9-16
4. D. Miyamoto, W. Marshall, G. Tononi, C. Cirelli, Net decrease in spine-surface GluA1-containing AMPA receptors after post-learning sleep in the adult mouse cortex, Nature Communications, 2021, 12(1), 1-13
5. D. Miyamoto, D. Hirai, M. Murayama, The roles of cortical slow waves in synaptic plasticity and Memory Consolidation, Frontiers in Neural Circuits, 2017, 11(92), 1-8
6. D. Miyamoto, D. Hirai, C. C. A. Fung, A. Inutsuka, M. Odagawa, T. Suzuki, R. Boehringer, C. Adaikkan, C. Matsubara, N. Matsuki, T. Fukai, T. J. McHugh, A. Yamanaka, M. Murayama, Top-down cortical input during NREM sleep consolidates perceptual memory, Science, 2016, 352(6291) 1315-1318

研究題目	機能性の精密制御容易な光応答性化合物の創出
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部理学系・助教・吉野惇郎
分野	有機化学
キーワード	フォトクロミズム、ホウ素、カルベン

1. 研究の背景と目的

光照射により色が変わるフォトクロミック化合物のうち、光酸化還元型有機化合物は、情報記録材料、偽造防止インク、あるいは X 線応答素材といったスマート素材の広い分野に応用可能性がある重要な化合物クラスである。ピオロゲン類(Figure 1)がその代表的存在であるが、光応答中心の分子構造に修飾を施す余地がほとんどなく、有機材料の利点である分子修飾による機能性の精密制御の可能性が損なわれている。それ故この化合物クラスのスマート素材としての研究は他のフォトクロミック化合物と比べていまひとつ遅滞していた。その一方で、カチオン性 4 配位ホウ素錯体(ボロニウム錯体)の一種であるビピリジン-ボロニウム錯体(Figure 2)は、ピオロゲン類に類似した電子構造を持ち、高い電子受容性が注目されてきたが、報告者ら以前には光応答性の研究は皆無であったところ、報告者らはビピリジン-ボロニウム錯体 **1** (Figure 3)の固体に紫外光を照射すると着色し、暗所で着色が消えることを初めて発見した¹。さらに、同様の固相光応答着色特性がビピリジン以外の含窒素配位子を有するボロニウム錯体でも発現することを見だし、構造-物性相関の解明を進めてきた(Figure 3)^{2,3}。

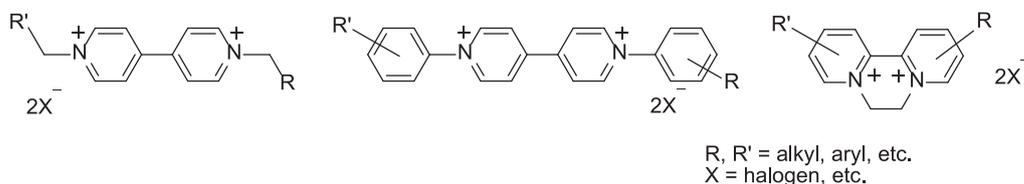


Figure 1. ピオロゲン類

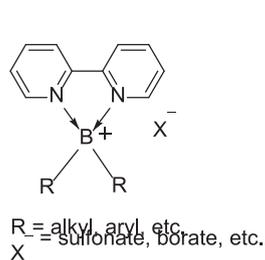


Figure 2. ビピリジン-ボロニウム錯体

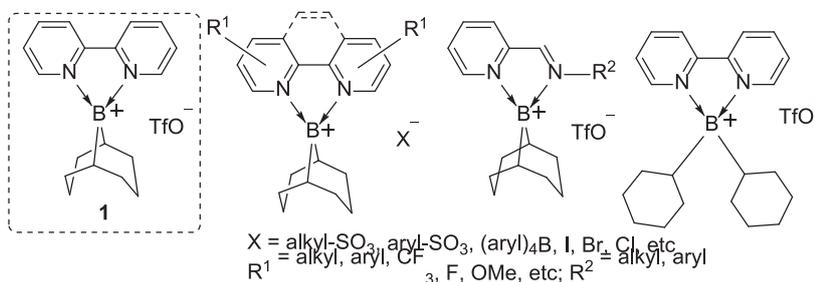


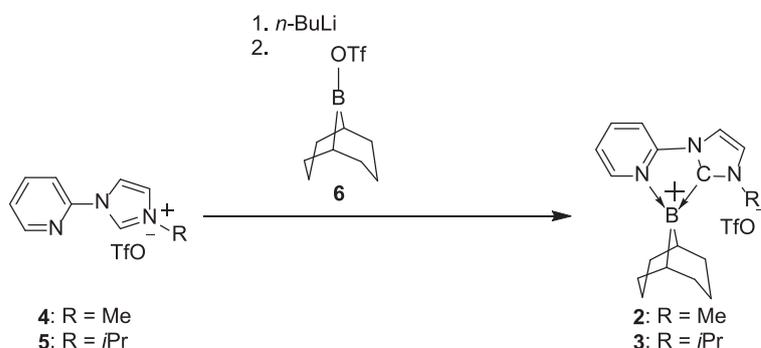
Figure 3. 固相光応答着色挙動を示すビピリジン-ボロニウム錯体

光酸化還元型有機フォトクロミック化合物からのスマート素材の開発発展促進には、光応答性と両立して機能性が精密に制御できることが重要である。ボロニウム錯体は光応答中心近傍

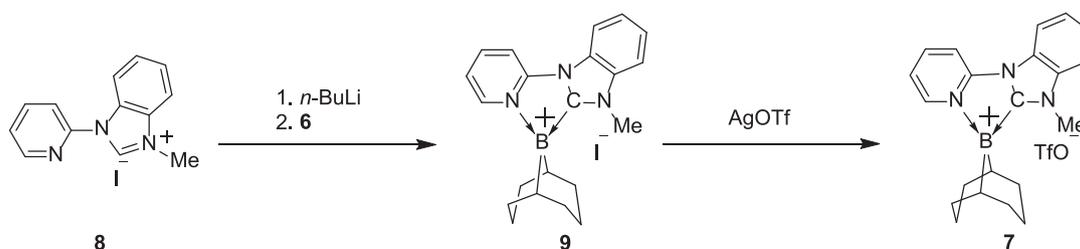
での分子修飾余地が多く機能性の精密制御が容易と期待されるが、窒素-ホウ素配位以外の配位構造を用いたボロニウム錯体が固相光応答着色挙動を示すのかは明らかではなかった。光応答性を示すボロニウム錯体の分子構造として、窒素-ホウ素配位以外の配位構造も利用できるようなになれば、光着色体の色相として実現できる範囲が拡大できると期待される。ここで、ピリジンとイミダゾールカルベンの配位子としての性質の類似性に着目すると、窒素-ホウ素配位結合をカルベン炭素-ホウ素配位結合に置き換えうると予想した。そこで本研究では、カルベン炭素-ホウ素配位をもつボロニウム錯体が固相光応答着色挙動を示すか、示す場合にはどのような挙動を示すか明らかにするために、ピリジン置換イミダゾールカルベンを配位子として有するボロニウム錯体を合成しその固相光応答着色挙動と分子構造の関係を調べた。

2. 研究方法

ピリジン置換イミダゾールカルベンを配位子として有するボロニウム錯体 **2** および **3** は、対応するピリジン置換イミダゾリウム塩 **4** および **5** に *n*-ブチルリチウムを作用させて脱プロトンによりカルベンを発生させた後、9-BBN トリフラート(**6**)と反応させることで合成した(Scheme 1)。ピリジン置換ベンズイミダゾールカルベンを配位子として有するボロニウム錯体 **7** は、同様の反応で前駆体ベンズイミダゾリウム塩 **8** からボロニウム錯体 **9** を合成した後、トリフルオロメタンスルホン酸銀(I)を用いて対アニオンをヨウ化物イオンからトリフラートイオンに交換することで得た(Scheme 2)。



Scheme 1. 化合物 **2** および **3** の合成



Scheme 2. 化合物 **7** の合成

得られた化合物 **2**, **3**, および **7** の構造は各種 NMR により決定した。さらに、**2** については単結晶 X 線構造解析を行い分子構造を決定した。光物性は溶液中の紫外可視吸収スペクトル、蛍光スペクトル測定および固体拡散反射スペクトル測定により調べた。固相光応答着色挙動を調べるために、UV ランプ UVGL-25 を用いて、化合物 **2**, **3**, および **7** の固体粉末に紫外光(365 nm)を照射し、光照射前後の固体の色変化を目視および固体拡散反射スペクトルにより分析した。光着色体の吸収波長と分子構造の関係を明らかにするために、Spartan'18 および Gaussian 16 ソフトウェアを用いて密度汎関数法(DFT)および時間依存 DFT 計算を行った。

3. 研究成果

各種 NMR スペクトルから **2**, **3**, および **7** はいずれもピリジン部位の窒素原子とイミダゾールカルベン部位のカルベン炭素原子がそれぞれホウ素原子に配位結合した、4 配位ホウ素構造をとっていることがわかった。とくに **2** については単結晶 X 線結晶構造解析により分子構造決定できた(Figure 4)。**2**, **3**, および **7** の固体に紫外光(365 nm)を照射したところ、いずれも無色から黄色に変化し、カルベン炭素-ホウ素配位をもつボロニウム錯体も固相光応答着色挙動を示すことがわかった(Scheme 3)。**2**, **3**, および **7** の光着色体の吸収波長は固体拡散反射スペクトルで 462, 464, およ

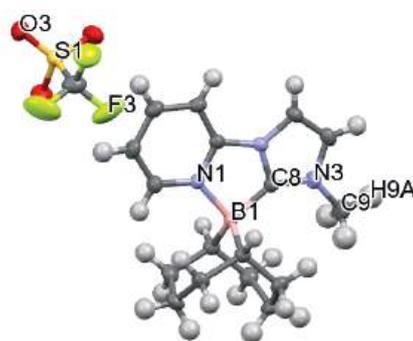
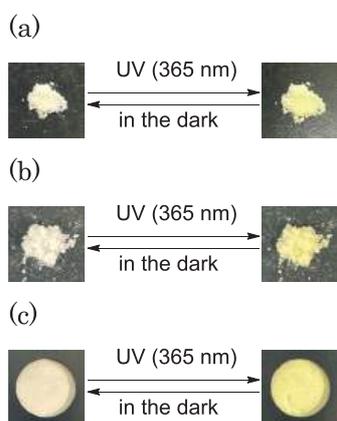


Figure 4. 化合物 **2** の Thermal ellipsoid plot (50% probability)



Scheme 3. 化合物 **2**, **3**, および **7** の固体の光照射前後の写真;
(a) **2**, (b) **3**, (c) **7**

び 449 nm に観測された(Figure 6)。窒素-ホウ素配位のみをもつボロニウム錯体においては、化合物 **10** (Figure 5)の固体に光照射して生じた光着色体が最も短波長の吸収波長(488 nm)を示していたが、**2**, **3**, および **7** の光着色体の吸収波長はこれと比較してもさらに大幅に短波長シフトしたことがわかった。窒素-ホウ素配位のみをもつボロニウム錯体の光応答着色の推定反応機構に基づいて、化合物 **2**, **3**, および **7** においてもその光反応生成物構造はカチオン部分の励起三重項状態の最安定構造と想定し、DFT 計算(UB3LYP/6-31G(d))により **2** の光着色体推定構造 **2'**の構造最適化を行ったところ、ホウ素原子まわりが 3 配位平面構造に近くなり、9-BBN 構造部分の 2 つの B-C 結合のうち一方が著しく伸長した構造が求められた(Figure 7)。可視光波長領域の吸収は、**2'**の時間依存 DFT 計算(UCAM-B3LYP/6-311++G(d,p))により 9-BBN 骨格上とピリジン-イミダゾールカルベン配位

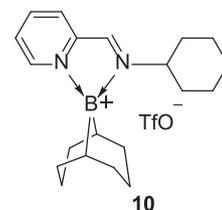


Figure 5. 化合物 **10**

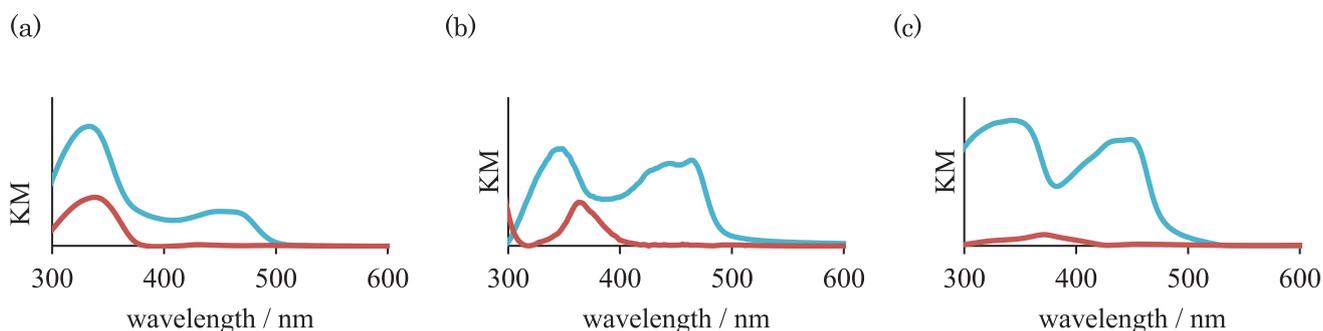


Figure 6. 化合物 **2**, **3**, および **7** の光照射前後の固体拡散反射スペクトル. (a) 化合物 **2**, (b) 化合物 **3**, (c) 化合物 **7**. 赤線: 光照射前, 青線: 365 nm 光照射後

子上の両方にまたがって非局在化した α スピンの HOMO から配位子上に局在化した α スピンの LUMO への励起に対応した遷移に帰属された (Figure 7)。**2** の光着色体実際に観測された吸収波長 (462 nm) と計算によって推定された **2'** の遷移エネルギー (2.62 eV) が比較的よく一致していることから、推定された構造は妥当であると考えられる。ここで、**2'** と **10** の光着色体推定構造 **10'** の分子軌道のエネルギー準位を比較すると、 α スピンの HOMO のエネルギー準位 (**2'**: -7.31 eV, **10'**: -7.27 eV) はほぼ等しいのに対して、 α スピンの LUMO のエネルギー準位 (**2'**: -4.69 eV, **10'**: -4.81 eV) には 0.12 eV の差があると求められた。このことから、配位子が *N*-ヘテロ環状カルベン部位を含むことで光着色体の LUMO のエネルギー準位が上昇したことが光着色体の吸収の短波長シフトの主たる要因であるとわかった。

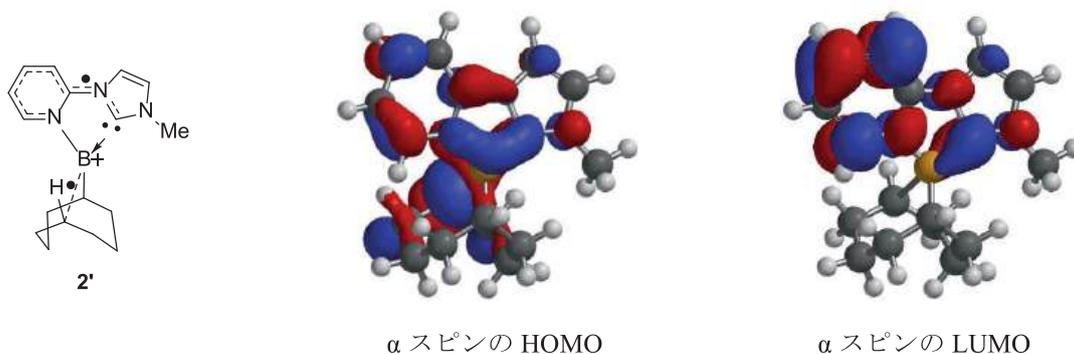


Figure 7. **2** の光着色体推定構造 **2'** の最適化構造とフロンティア軌道図 (UB3LYP/6-31G(d))

4. 今後の展望

本研究においては、窒素-ホウ素配位構造以外にカルベン炭素-ホウ素配位構造を有するボロニウム錯体においても固相光応答着色挙動を示すことを明らかにできた。またそのような炭素-ホウ素配位結合を有するボロニウム錯体を用いることで、これまでに実現できていなかった、より短波長側に吸収をもつ光着色体を生じるボロニウム錯体の固相光応答着色挙動を実現し、機能性の制御可能範囲が拡大した。本研究の成果は、より機能性を精密制御容易な光応答性化合物の

分子設計の基盤として重要であり、今後様々なスマート素材の開発に資するものと期待される。

5. 参考文献

1. Yoshino, J.; Sekikawa, T.; Hatta, N.; Hayashi, N.; Higuchi, H. *Tetrahedron Lett.* **2016**, *57*, 5489.
2. Yoshino, J.; Hirono, Y.; Akahane, R.; Higuchi, H.; Hayashi, N. *Photochem. Photobiol. Sci.* **2020**, *19*, 1517.
3. Yoshino, J.; Hirono, Y.; Kaneda, A.; Hayashi, N. *Dalton Trans.* **2023**, *52*, 15017.

研究題目	農薬曝露による神経発達障害モデルにおけるシナプス・分子病態の解明
機関名	富山大学
研究代表者	学術研究部医学系・准教授・吉田知之
分野	神経形態学、神経化学、細胞生物学、薬理学
キーワード	発達神経毒性、農薬曝露、シナプス調節

1. 研究の背景と目的

農薬は、農作業労働を軽減し、農作物の生産性を向上させることで、安定した供給に結びつけるための資材である。本来、その毒性は雑草を含む病害虫を対象としているが、生物活性を有する化学物質であるため、ヒトをはじめ様々な生態系への影響を十分に評価し、農薬の取り扱いに際しての適切な対策を講ずることが必要である。近年、周産期における農薬曝露が、胎児の神経発達に影響を与え、その後の有害性発現を導く一因として懸念されるようになってきた。周産期における農薬の曝露量は、事故的な曝露（誤飲や自殺など）と比べてかなり低いと推定される。そのため、周産期の農薬曝露による症状の隠蔽性は高く、子どもの発達障害を導く病態メカニズムは不明のままである。これに対して、数多くの動物実験から、農薬曝露によって誘発される細胞内シグナルや代謝、遺伝子発現といった「細胞レベルでの一次的な変化」や、記憶・学習障害や行動異常といった「個体レベルでの最終的なアウトプット」に関する膨大なデータが蓄積されてきた。今後は、これらを結ぶ「細胞集団レベルでの二次・三次的な変化」の評価が必要となるが、その中でも神経回路の構築基盤となるシナプスへの影響評価は重要と考えられる。

グルホシネートは、グリホサート耐性を示す雑草をコントロールするために開発された除草剤で、その使用量が増加傾向にある。植物に対するグルホシネートの作用機序としては、グルタミン合成酵素の阻害による活性酸素種の蓄積や脂質の過酸化反応を介して、短時間で細胞死を誘導する経路が考えられている。一方、グルホシネートは神経伝達物質の1つであるグルタミン酸と似た構造を持つ。この点が、哺乳類などの中枢神経系に対しても影響をもたらすのではないかと考えられている理由である。実際、ヒトにおける急性曝露後の後遺症として、記憶障害や認知機能不全などが報告されている。また、マウスを用いた動物実験では、妊娠マウスへグルホシネートを曝露することで、産児個体で運動量の減少や記憶障害、また自閉症様行動が観察されている。また、カナダのグループは、実際に周産期の母子からグルホシネートが検出されたと報告している。我々は、神経活動依存的な Arc 遺伝子の発現を個体レベルでモニターするためのルシフェラーゼトランスジェニック (Arc-Luc Tg) マウスを作製している。Arc は、神経細胞のシナプスの調節に関連する分子として、神経活動依存的に発現変化することが知られている。この Arc-Luc Tg マウスを用いて、生後発達期のマウスに慢性的なグルホシネート曝露を施すことで発光シグナルが減少することを見出した。このことから、発達期におけるグルホシネート曝露は、

神経回路形成やシナプス機能を変調させることで、学習や行動に障害をもたらす可能性が示唆された（文献1）。

哺乳類の脳は、数十億の神経細胞から成り、それらが互いにシナプスを介したネットワークを形成している。新たなシナプスは数時間程度で形成され、シナプスのうち約10%が日々再構築されると考えられている。そして、シナプスは隣接する神経細胞間でランダムに形成されるのではなく、ニューレキシン（NRXN）やニューロリギン（NLGN）などの「シナプスオーガナイザー」と呼ばれる接着分子によって緻密に制御されていることが知られている。これらの分子は、神経伝達物質の放出と受容に特化したシナプス特有の構造体を分化誘導するだけでなく、シナプス形成の標的選別においても重要な役割を担うことが明らかにされてきた。我々は、このシナプスオーガナイザーをコートしたマイクロビーズを用いて、様々な条件下での培養神経細胞のシナプス誘導活性を定量的に解析する方法をこれまでに構築してきた（文献2、3）。

上述のシナプス形成の解析方法等を駆使して、妊娠期のグルホシネート曝露が胎児および産児のシナプス形成、神経回路発達に与える影響を明らかにすることが本研究の目的である。

2. 研究方法

妊娠日を揃えるために、C57BL/6N マウスの凍結胚を偽妊娠 ICR マウスに移植し、実験に供した。胚移植後の ICR マウス（以下、妊娠マウスとよぶ）に対し、妊娠10～18日目まで GLA を経鼻投与（0.8 mg/kg）した。その後、胎児（妊娠18日目）の大脳皮質より培養神経細胞を調製し、シナプス形成の評価に用いた。同量の溶媒（生理食塩水）を投与した妊娠マウス由来の胎児で調製した培養神経細胞をコントロールとして用いた。一方、GLA を直接曝露する実験として、無処置（投与なし）の妊娠マウス由来の胎児より調製した培養神経細胞に対し、培養1日目から GLA（0.001~1 μ M）又は溶媒（生理食塩水, PBS）を添加して培養を継続し、シナプス形成の評価に用いた。培養13日目において、NLGN1-Fc 組換えタンパク質を配置したマイクロビーズ（以下、シナプス誘導ビーズ）を添加し、24時間後に培養神経細胞を固定した。また、Fc 組換えタンパク質を配置したマイクロビーズをコントロールとした。シナプスマーカーである Bassoon に対する免疫染色を行い、蛍光シグナルを測定・比較した。

上記と同様にして、妊娠マウスに GLA を経鼻投与（妊娠10～18日目）し、その胎児から調製した培養神経細胞（培養6、10、14日目）より RNA を抽出し、マイクロアレイ法による網羅的遺伝子発現解析を行った。実験に際しては、富山大学生命科学先端研究ユニット遺伝子施設の設備（GeneChip ハイブリダイゼーションオープン、GeneChip スキャナー）を使用した。Transcriptome Analysis Console software（Thermo Fisher Scientific）を用い、各培養日数における GLA 群とコントロール群の比較から発現変動遺伝子を抽出し、遺伝子オントロジー解析を実施した。発現変動を示した遺伝子のバリデーションを RT-qPCR にて実施した。

引き続き、妊娠マウスに対して GLA を経鼻投与（妊娠10日目～生後21日目）し、生後14日目又は生後21日目において、産児マウスの脳を4%パラホルムアルデヒドで固定した。脳スライスを作製し、ニューロンのマーカーである NeuN と抑制性ニューロンのマーカーの1つ

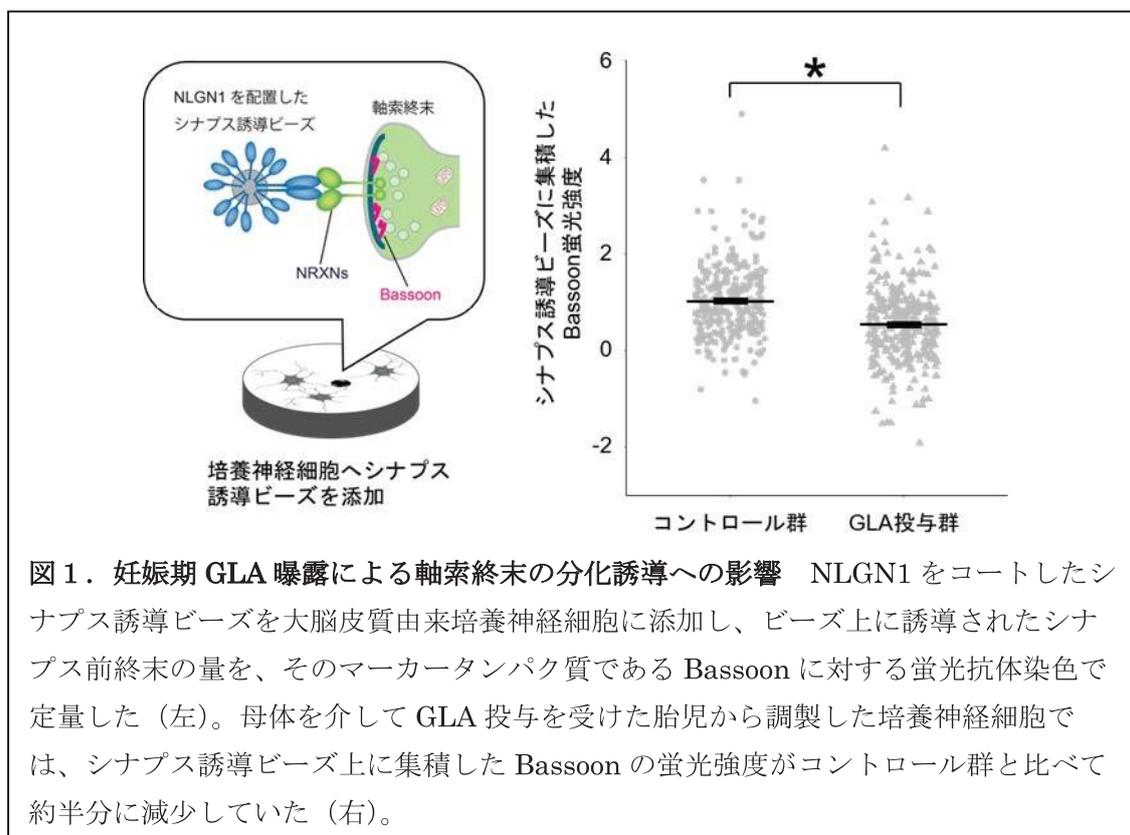
である Parvalbumin (Pvalb) に対する抗体を用いた共免疫組織染色を行い、Pvalb 陽性細胞数の割合 (Pvalb 陽性細胞/NeuN 陽性細胞) を測定・比較した。

なお、今回の動物実験のプロトコルは、富山大学動物実験委員会 (番号: A2023MED-05) の承認を受けたものである。また、動物実験の実施者は、富山大学の実験動物の飼育と飼養に関するガイドラインに従って十分な訓練を受けている。

3. 研究成果

3-1. 妊娠期 GLA 曝露によるシナプス形成量の減少

妊娠マウスに GLA を経鼻投与し、その胎児を用いて培養神経細胞を調製した。培養 1 3 日目において、シナプス誘導ビーズを添加し、2 4 時間後にビーズ上のシナプス形成量を解析したところ、生理食塩水を投与したコントロール群と比較して、シナプス形成量が有意に減少していた (図 1)。同様の実験を繰り返した結果、妊娠期の GLA 曝露によるシナプス形成量の減少は再現されたが、妊娠マウス毎にその減少の割合が異なることも判った。なお、両群ともに Fc タンパク質を配置したコントロールビーズに対するシナプス形成は生じなかった。また、培養ディッシュでビーズ領域以外における Bassoon の蛍光強度については両群間に差は無かった。



続いて、GLA を細胞に作用させることによって、NMDA 受容体を介した神経細胞ネットワークの活性化、細胞接着や細胞分化の障害が報告されていることから、無処置の胎児から培養神経細胞を調製し、GLA を直接作用させた場合のシナプス形成量の変化について検討を行った。

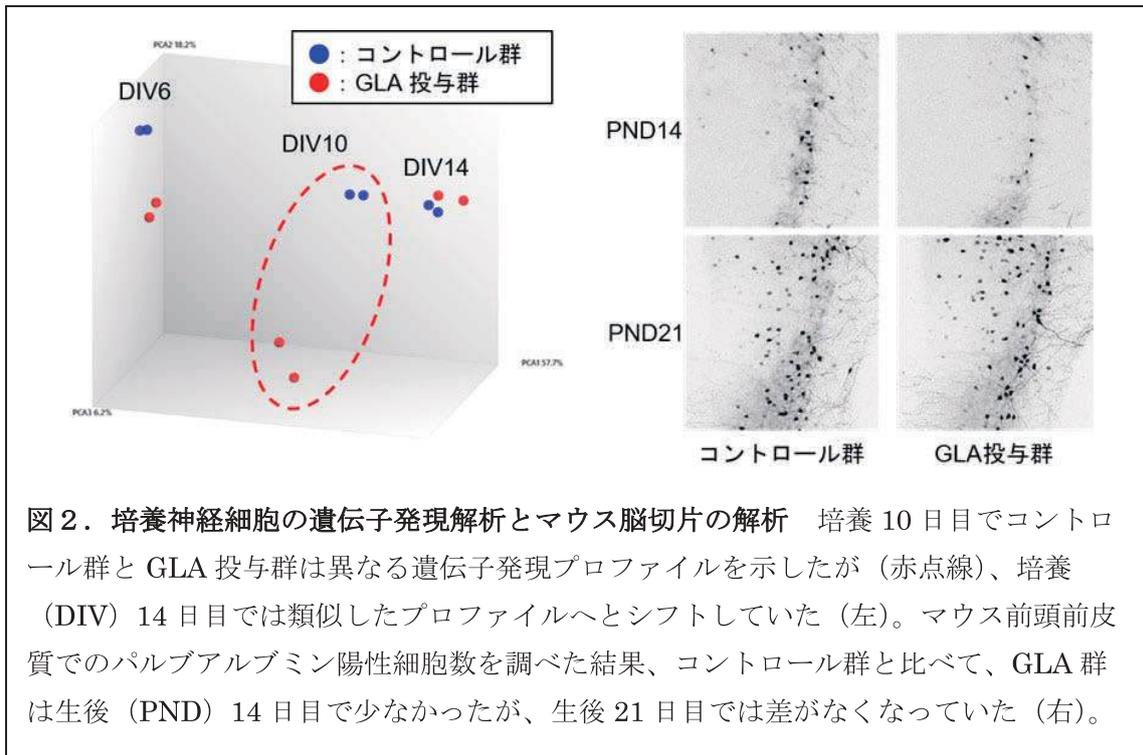
DIV1にてGLA (0.001–1 μ M) を培地に添加し、慢性的な曝露の条件下で培養した。DIV13において、シナプス誘導ビーズを添加し、24時間後にシナプス形成量の解析を行った結果、PBSを添加したコントロール群との間に有意な差はなかった。これらのことから、GLAの妊娠マウスへの曝露は胎児神経細胞のシナプス形成を抑制し、この効果はGLAの直接的な作用ではなく、何らかの母子間メディエーターを介してもたらされることが示唆された。

3-2. 妊娠期 GLA 曝露による遺伝子発現の変調

妊娠期 GLA 曝露によるシナプス形成の障害が、神経発達にて、どの段階で、どのような分子レベルでの変化によって引き起こされるのか、引き続き、遺伝子発現解析を通して検証した。母体を介して GLA 投与を受けた胎児から調製した培養神経細胞について、各発達段階（培養6、10、14日目）において網羅的遺伝子発現解析を行った。主成分分析の結果、培養神経細胞は発達段階に応じた特徴的な遺伝子発現を示すことが分かった（図2左）。培養6日目では、GLA曝露群はコントロール群と類似した遺伝子発現プロファイルを示した。しかし、培養10日目におけるGLA曝露群は、コントロール群と大きく異なる遺伝子発現プロファイルにシフトした。その後の培養14日目では、GLA曝露群は再びコントロール群と類似した遺伝子発現プロファイルに戻った。そこで、培養10日目にて減少を示した374個の遺伝子を用いて遺伝子オントロジー解析を実施した結果、生物学的プロセスオントロジー（BP）として「神経発達」のプロセス、細胞成分オントロジー（CC）ではシナプスや細胞接着に関連した遺伝子がエンリッチされていることが分かった。このことは、上述のGLA曝露群でシナプス形成能が低下するというシナプス誘導ビーズを用いた評価結果をサポートするものである。

3-3. 妊娠期 GLA 曝露による Pvalb 陽性細胞の発達に対する影響

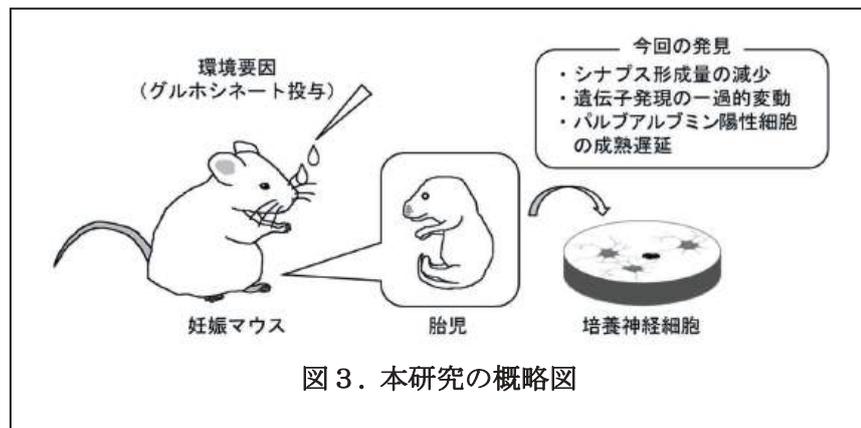
最後に、妊娠期の GLA 曝露が産児脳の神経回路の発達に与える影響について調べた。3-2で抽出した374個の変動遺伝子群には Parvalbumin (*Pvalb*) の発現に関連する遺伝子 (*Camk1g* や *Gad1* など) が含まれていた。*Pvalb* は大脳皮質の一部の抑制性ニューロンのマーカータンパク質であり、*Pvalb* 陽性細胞の数は神経回路発達の指標となることが知られている。実際、自閉スペクトラム症等の発達障害モデルマウスではその数が変化することも知られている。そこで、母体を介して GLA 投与を受けた産児の大脳皮質における *Pvalb* 陽性抑制性ニューロンの数を調べた。その結果、生理食塩水を投与したコントロール群と比べて、GLA投与群では生後14日目にその数は有意に減少していた。しかし、生後21日目ではその差は無くなっていた（図2右）。なお、両群の産児の体重に差は認められなかった。これらのことから、培養神経細胞を用いた網羅的遺伝子発現解析の結果と同様に、GLAの妊娠マウスへの曝露は産児脳発達の一過的な遅延を引き起こすことが示唆された。



4. 今後の展望

本研究によって妊娠期の GLA 曝露が胎児神経細胞のシナプス形成および産児脳の神経回路発達に影響を及ぼすことが明らかになった (文献 4、図 3)。一方、今回のマウスを用いた動物実験から得られた結果をそのまま私たちの実生活に当てはめて考えることができるか否かは現時点では不明である。そのため、マウスとヒトとの動物種差がどのように構成されているかを理解し、ヒトで直接得られない環境要因の影響を動物実験のデータから推定するためのシステム作りが重要であると考えられる。

最近、妊娠期の母体のウイルス感染や高血圧症と子どもの神経発達障害の因果関係が注目されており、そこには共通の病態メカニズムが存在する可能性が示唆されている。現在、農薬曝露がシナプス形成の調節機能を破綻させる分子メカニズムの解析をさらに進めている。例えば、鍵となる母子間メディエーターを明らかにすることで、新しい予防・治療法の開発に役立つことが期待される。



5. 参考文献

1. Izumi, H., Ishimoto, T., Yamamoto, H., and Mori, H. (2019). Bioluminescence imaging of Arc expression in mouse brain under acute and chronic exposure to pesticides. *Neurotoxicology* 71, 52–59.
2. Yoshida, T., Shiroshima, T., Lee, S. J., Yasumura, M., Uemura, T., Chen, X., et al. (2012). Interleukin-1 receptor accessory protein organizes neuronal synaptogenesis as a cell adhesion molecule. *J. Neurosci.* 32, 2588–2600.
3. Yoshida, T., Yamagata, A., Imai, A., Kim, J., Izumi, H., Nakashima, S., et al. (2021). Canonical versus non-canonical transsynaptic signaling of neuroligin 3 tunes development of sociality in mice. *Nat. Commun.* 12, 1848.
4. Izumi H., Demura M., Imai A., Ogawa R., Fukuchi M., Okubo T., Tabata T., Mori H., Yoshida T. (2023). Developmental synapse pathology triggered by maternal exposure to the herbicide glufosinate ammonium. *Front Mol Neurosci.* 16:1298238.

研究題目	ニュートリノのマヨラナ性の探索
機関名	富山県立大学
研究代表者	工学部 教養教育センター・准教授・石田裕之
分野	素粒子物理学理論
キーワード	ニュートリノ, マヨラナ, Belle II

1. 研究の背景と目的

この研究は、ニュートリノという素粒子にマヨラナ性と呼ばれる性質があるかどうかを明らかにするために行われる理論研究である。ニュートリノは電磁気の電荷をもたない素粒子であるため、地球の反対側の大気中で生成されたとしても地球を貫通してしまうほど反応をしづらいため、その性質は未だに謎に満ちていることが多い。

近年の実験精度向上により、ニュートリノの性質は少しずつ明らかになっている。その中でも、2015年に梶田隆章氏がノーベル賞を受賞したことから有名になったニュートリノの質量は、現在までのほとんどすべての実験事実を説明することができる素粒子標準理論をもってしても説明ができない。この受賞のきっかけになったのは、岐阜県飛騨市神岡町にある、スーパーカミオカンデという実験で、富山でもなじみが深いと思われる。

ニュートリノを除く、質量をもった素粒子は、2012年に発見されたヒッグス粒子を用いたヒッグス機構と呼ばれる機構で説明が可能となる。これは、もともとゲージ粒子と呼ばれる力を媒介する素粒子の質量を説明するために導入された機構であるが、ヒッグス粒子という素粒子と左手系（左巻きと呼称）と右手系（右巻きと呼称）の素粒子が結合をすることで、原子核のもととなっている物質粒子の質量も説明が可能であることが指摘されたことにより、すべての質量をもった素粒子の質量の統一的起源として最有力のものであり、今日までの実験結果は、素粒子のヒッグス粒子が予言するものと無矛盾である。

ところが、素粒子標準理論が構築されてからずっと、ニュートリノには右手系のもの（以後、右巻きニュートリノと呼称）は導入されてこなかった。最も大きな理由は、近年になるまでニュートリノに有限の質量があることがわかっていなかったため、右巻きニュートリノは必要なく、実験的に存在が確定していた左巻きニュートリノのみが重要であったことにある。よって、ニュートリノの質量を説明するための、素粒子標準理論を拡張する方法は、右巻きニュートリノの導入である。しかし、このような単純な拡張だけではすべてを解決するに至らなかった。

先述の通り、質量をもった素粒子はヒッグス機構によって質量を獲得する。ヒッグス機構は、非常に高温高压のビッグバンと呼ばれる状態から宇宙が始まったときを時刻ゼロとすると、おおよそ 10^{-14} 秒（1秒の100兆分の1、ちなみに現在の宇宙の年齢は約138億年）まで冷えたときに起こったとされている。つまり、ビッグバンからこの時刻まで、すべての質量には質量がなかった。この質量を禁止する原理をゲージ対称性と呼ぶ。ゲージ対称性は素粒子標準理論を構築する上での、非常によい指導原理となっており、この対称性から予言される物理現象は、

これまでの数多くの実験と無矛盾となっている。ヒッグス機構はゲージ対称性を自発的に破ることができるために、質量を生成することができる。

一方、右巻きニュートリノは、ゲージ対称性とはまったく無関係に導入することが可能である。そのため、唯一常に質量が許された物質粒子になってしまう。この問題点は、ゲージ対称性という指導原理を失ってしまっているために、右巻きニュートリノの質量を決める術がないことにある。それにより、原理的にはどのような質量を考えてもよい。実験的にも、右巻きニュートリノの質量を制限できるものは存在していない。このように、右巻きニュートリノを素粒子標準理論に導入すること自体に不定性が大きく、それによって予言も大きく異なってくるため、ニュートリノの質量獲得機構を決定するためにも、多角的なニュートリノの性質の決定というものが必要となっている。

本研究は、ゲージ対称性に縛られない素粒子が備えている特筆すべき性質である、マヨラナ性という性質を探ることにある。ニュートリノがこのマヨラナ性を有しているかどうかを決定することができれば、右巻きニュートリノの質量の決定に一役買うことができるためである。

2. 研究方法

研究を実施するために、neutrino Minimal Standard Model (以後、 ν MSM と呼称) と呼ばれる模型[1,2]を採用する。この模型は素粒子標準理論の右巻きニュートリノによる最小拡張模型となっているが、ニュートリノの質量だけではなく、宇宙暗黒物質候補となる素粒子が含まれていること、宇宙物質反物質非対称性の起源を説明できることが指摘されており、非常に魅力的である。素粒子標準理論の物質粒子には世代と呼ばれる繰り返しがあり、これまでの実験によって3世代があるということがわかっている。 ν MSM に導入されている右巻きニュートリノも3世代で、他の物質粒子と同様になっている。

さらに、 ν MSM には特筆すべき特徴がある。それが、右巻きニュートリノの質量である。この模型は、右巻きニュートリノの質量を約 100 GeV (ギガ電子ボルト)、陽子の約 100 倍の質量、よりも軽いところに仮定している。世界的にもこのような試みの元行われている研究は少なく、非常に独創的なものとなっている。この仮定により、近い将来における右巻きニュートリノの直接検出も期待できる。

これまでに、 ν MSM の枠組みにおけるマヨラナ性の検証として、ニュートリノの放出を伴わない二重ベータ崩壊 (以後、 $0\nu\beta\beta$ と呼称) に対する予言の研究 [3,5-7] や、レプトン数 (マヨラナ性をもった素粒子が媒介すると保存しなくなる物理量) と呼ばれる量に変化するような物理過程の観測可能性の研究[4]を行ってきた。いずれも観測に成功すれば、マヨラナ性をもった素粒子の存在証明となる。

後者は将来実験による検証可能性について言及しているため、今後の観測が期待される。前者も、現在世界の数か所で実験が行われているが、今のところ発見には至っていない。しかも、右巻きニュートリノの影響によって、 $0\nu\beta\beta$ がこれまで思っていたよりも頻繁に起こる可能性があるため近い将来検出できる場合[3]と、もしかしたら $0\nu\beta\beta$ はまったく起こらず、今後まったく

観測できない可能性がある場合[5-7]という相反する可能性が、パラメータ空間の違いによって実現されうるということがわかった。起こる頻度が上がるのであればいずれ実験が発見をするのが、起こらないということを証明することは困難で、右巻きニュートリノの影響によるものかどうかの判断ができなくなってしまう。そこで、 ν MSM の特徴を生かし、右巻きニュートリノを直接生成し、レプトン数の変化がある過程の詳細を調べるという[4]の可能性を、さらに広げることとした。

3. 研究成果

これまでに、近隣の研究者と共に、右巻きニュートリノの実験における生成確率、またはこれまでに議論されたことのない検証過程が存在しないかどうか、ということ調べた。特に、日本のつくば市にある高エネルギー加速器研究機構で行われている Belle II 実験において、右巻きニュートリノを検出することができないかということターゲットにすることとした。Belle II 実験では、電子とその反粒子である陽電子を世界最高の衝突頻度で衝突させ、そこから生成される粒子を世界最高精度の検出器によって調べている。そこで生成される粒子の中で、最も数が多いものは B 中間子と呼ばれる複合粒子である。この B 中間子は、陽子の約 5 倍の質量をもっており、その崩壊によって様々な素粒子が生成されることも知られている。

議論を重ね、Belle II 実験で生成される B 中間子という複合粒子の崩壊から、D 中間子と荷電レプトンと左巻きニュートリノが生成される過程に、右巻きニュートリノが紛れ込む可能性に期待ができるということが判明した。そのため、着目した過程において、右巻きニュートリノがどのような影響を及ぼすのか、ということ、数値計算により予言するための準備をしている。また、右巻きニュートリノが実験の検出器内で信号を出さない可能性も考えられるので、レプトン数が変化する信号を出す場合と出さない場合に分けて解析を進める必要があることが判明した。

4. 今後の展望

今後は、ターゲットにしている過程が、Belle II 実験がデータをためていく中でどれくらい期待できるのかという予言を、右巻きニュートリノが検出器内で信号を出す場合と出さない場合それぞれで数値計算を行い、検出により決定できる右巻きニュートリノの性質をまとめ、論文として発表をすることを目標とする。

それだけではなく、今回考えた過程以外の過程においても、特徴的なものがないかを調べ、より多角的に右巻きニュートリノの存在を調べることにより、日本でニュートリノのマヨラナ性を検証することができるための足がかりにしたい。

ニュートリノという、富山ともなじみの深い素粒子に関する最大の謎である、質量生成機構の起源の解明をするためにも必須であるマヨラナ性の探索を、持続的な研究により明らかにしていきたい。



5. 参考文献

1. T. Asaka, S. Blanchet and M. Shaposhnikov, “The ν MSM, dark matter and neutrino masses” , Physics Letters B **631**, 151-156 (2005)
2. T. Asaka and M. Shaposhnikov, “The ν MSM, dark matter and baryon asymmetry of the universe” , Physics Letters B **620**, 17-26 (2005)
3. T. Asaka, S. Eijima and H. Ishida, “On neutrinoless double beta decay in the ν MSM” , Physics Letters B **762**, 371-375 (2016)
4. T. Asaka and H. Ishida, “Lepton number violation by heavy Majorana neutrino in B decays” , Physics Letters B **763**, 393-396 (2016)
5. T. Asaka, H. Ishida and K. Tanaka, “Hiding neutrinoless double beta decay in the minimal seesaw mechanism” , Physical Review D **103** no.1, 015014 (2021)
6. T. Asaka, H. Ishida and K. Tanaka, “What if a specific neutrinoless double beta decay is absent?” , Progress of Theoretical and Experimental Physics **2021** no.6, 063B01 (2021)
7. T. Asaka, H. Ishida and K. Tanaka, “Neutrinoless double beta decays tell nature of right-handed neutrinos” , Journal of High Energy Physics **07**, 062 (2023)

研究題目	柔らかい外装をしたロボットによる柔らかいものの自律的把持
機関名	富山県立大学
研究代表者	工学部知能ロボット工学科・教授・小柳健一
分野	理工系
キーワード	ロボット, ソフトハンド, 制御

1. 研究の背景と目的

研究代表者らの所属学科では、機械・電子・情報工学の広範な知識と幅広い視野を備えた人材を育成している。ロボットがそれらの工学を統合した代表ということもあり、本学部のイメージキャラクターであるドンマス教授をモチーフとしたロボットを開発した[1]。図1に示すドンマス教授ロボットは、体高が140cmを超える比較的大きなロボットで、車輪による移動機構と腕および開閉できる手を備えており、外見は富山県の特産であるサクラマスが立ってスーツを着ているように見える。

これまでに前進や旋回などの移動、指定したセリフの発話、腕の上げ下げなどの動作を実装しており、周囲とのインタラクション性を高めるために握手動作を加えることとした。これらは1つのGUIを介して1人で操作ができるが[2]、機能が増えたために1人では滑らかに操作しきれない恐れがある。例えば図2に示すように、廊下にいるロボットが、室内ではなく廊下にいる他者に呼び掛けて近づき握手する行動を考える。これは人間には平易な行動であるが、実際には、自己位置推定→周囲のものの把握→呼びかけ等のコミュニケーション→移動→腕の動作→把持（握手）という機能を連綿と滑らかに実行しており、1人で操縦するのは容易ではないが、一方でロボットに自律的に行わせるのはかなり難易度が高い。



図1 ドンマス教授ロボット

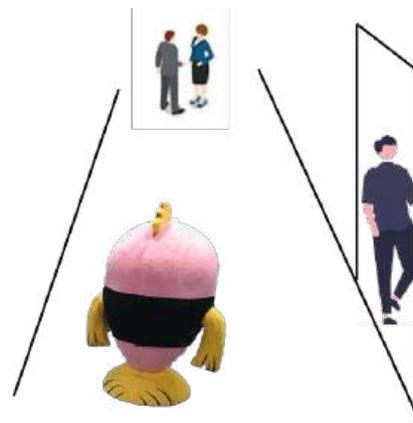


図2 廊下で人に近づいて握手する状況

そこで本研究では、ドンマス教授ロボットの手に触覚センサをつけ、接触検知と把持動作制御を行い、自律的に来客と握手する機能に着目して開発する。ドンマス教授ロボットは周囲への印象と安全性のために着ぐるみで用いられる柔らかい外装をしており[3]、手も当然柔らかい。また、把持対象である人間の手も柔らかい。すなわち、ソフトロボットによる柔らかいものの自律的把持であるが、ただの物体把持と異なり、相手の手を「よい感じに握る」ことが要求されるため、さらに難易度が高い。いわゆる産業用ロボットのハンドや、人を模してシリコーンゴム等で被覆した手指を持つロボットハンドで行う把持制御は、以前からされている。本研究では、スポンジやボア生地のような、より柔軟な材料で覆われた場合を取り扱う。この場合の把持力は、材料の変形に伴って変化し伝達され、力フィードバックによる動作制御を困難にしている。本研究では、柔軟な材料を介して、多点での荷重計測をし、フィードバック制御による把持力の補償を行う手法の開発を目指す。その他、図2のような行動に必要な、周辺の物体検知など他の技術要素も開発する。

2. 研究方法

ドンマス教授ロボットの腕は図3に示す構造をしており、腕の先についた2つの白い板状部品が手を構成する。上側の板が手の開閉をするモータのロータにつながり動く。そのため、図4のような握手を想定すると、この板と外装の間に力センサを内蔵することになる。このような構造の場合、手に受けた力は外装を変形させ、力センサ以外の方向に力を逃がしてしまい、力の大きさを正確に計測できない恐れがある。これに対し、複数の力センサを離して配置することで、その大きさを補償する手法が考えられる。しかし、この場合にも外装の変形により、法線方向とせん断方向の力を分離できない場合が考えられる。ここで、図5のように計測箇所の四隅に力センサを配置すると[4]、外装の変形を介して計測された力は、定常状態のせん断方向成分は内力により打ち消されると見込まれる。一方、法線方向成分は各センサの法線方向成分の総和だけでは誤差が生じるが、それを人間が認識できるかが問題となる。そこで、法線方向成分の総和と同じになるように握る力を制御し、実際に人が握って確かめた。



図3 ドンマス教授ロボットの腕の内骨格



図4 ドンマス教授ロボットとの握手

自律的な把持動作の実装と確認のため、握手に必要な他の機能も実装する。屋内の自律的な移動をするため、壁など周辺の障害物を認識する必要があった。ドンマス教授ロボットはダ・ヴィンチ祭など小さい子供が周辺にいる状況での使用も考えているため、レーザー光による物体・距離検知は安全上の不安があった。そのため、12個の超音波センサを図6のように胴体下部周囲に配置し、周辺の物体検知および誘導対象者とロボットとの相対速度の検出、および誘導対象者の絶対速度の推定を行った[2, 5]。誘導模擬実験にて、誘導対象者が追従してきているか離れていくかといった移動状態を推定した。

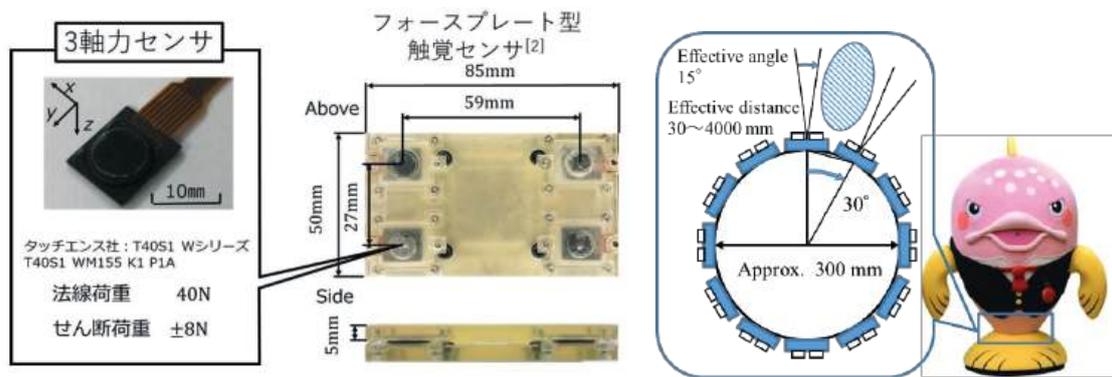


図5 手部における力センサと配置

図6 超音波センサとその配置

3. 研究成果

手のひらに当たる部分に図5のような4つの3軸力センサを取り付けたドンマスの手を開発した。把持制御に先立ち、外装の硬さを計測した。一般的なデュロメータで外装内部の構造材にあたるポリウレタンの硬さを10回計測したところ、平均値は84であった。クッション材となるウレタンフォームは、平均値は55であった。すなわち、外装そのものにおいても、層に応じて硬さが異なることが確認できた。

ドンマス手を外界に固定し、力センサの逆側からフォースゲージで引くことで力を掛け、力センサの計測値とフォースゲージの値を比較した。力センサの値はフォースゲージの値に比べて2割前後小さく現れるが、再現性が低いことが分かった。

12個の超音波センサを図7のように胴体下部周囲に配置し、周辺の物体検知を行った。図8には、誘導対象者を模擬し物体との距離を検出した結果を示す。これよりロボットとの相対速度を算出し、さらにロボットの移動速度を加味して、図8のように誘導対象者の絶対速度の推定を行った。誘導模擬実験にて、誘導対象者が追従してきているか離れていくかといった移動状態を推定することに成功した。ロボットの移動方向を速度の正の向きとすると、図8は誘導対象者の移動速度が正であるため、誘導対象者は誘導についてきていると言える。一方、誘導対象者の移動速度が負の場合には誘導についてこず、離れていってしまっていると言える。実験では、一定以上の距離が離れた時に誘導対象者の移動速度が負であれば、誘導対象者は離れていっていると検出するアルゴリズムとして、確かに離れていくことを検出できた。

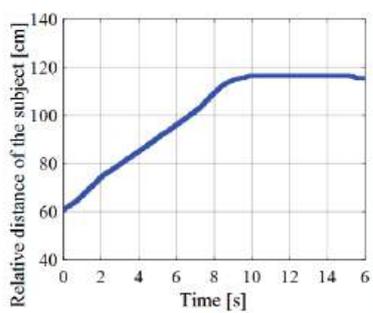


図7 誘導対象者との距離の検出

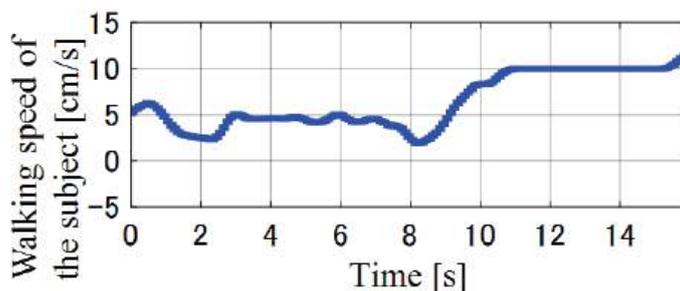


図8 対象者の歩行速度の推定

4. 今後の展望

今後、まずは各個に開発した要素技術を統合し、ドンマス教授ロボットを完成させる。特に対象者に近づき、握手をして、目的地に誘導する行動アルゴリズムを完成させ、実験により確認する。

本研究は、柔軟な素材の内部にある力センサの値を用いて安定な力制御をしようというものであるから、ドンマス教授ロボットのような対人ロボットだけではなく、果物など食品を含む柔軟物体のハンドリングを行う業種で一般的に応用できる技術である。県内の農業の自動化や効率化は火急の課題であるが、ロボットの導入は遅れている。富山県の果樹研究センターを訪れた際にも聞いたことであるが、価格の問題だけではなく、性能が不十分という問題もあり、例えば柔らかい果物の収穫作業はいまだロボットには難しい。本研究の成果は、そのような農業分野への応用も期待でき、富山県の活性化にもつながる可能性を持つ。

5. 参考文献

- [1] 小柳健一, 増田寛之, 村林知明, 大島徹, 本吉達郎, 澤井圭, 玉本拓巳, 「大学での教育や広報を目的とした「ドンマス教授ロボット」の開発」, 第 29 回インテリジェント・システム・シンポジウム講演論文集, A083 (2019).
- [2] Tatsuya Takahashi, K. Koyanagi, Hiroyuki Masuta, Fengyu Li, Kentaro Noda, Takuya Tsukagoshi and Toru Oshima, “Development of integrated control system for life-size mascot robot,” Proceedings of the SICE Annual Conference 2023, pp.856-858 (2023).
- [3] 小柳健一, 野田堅太郎, 大島徹, 増田寛之, 塚越拓哉, 子嘉美, 木谷尚美, 「ロボットの外装としたぬいぐるみの生地に滅菌処理を多数回施した影響の定量評価」, 日本機械学会論文集, Vol. 89, No. 927, Paper ID 23-00128 (15 pages), DOI: 10.1299/transjsme.23-00128 (2023).
- [4] 竹田陽平, 野田堅太郎, 塚越拓哉, 玉本拓巳, 小柳健一, 大島徹, 「ソフトカバー付きロボットハンドのための把持力計測」, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2020 講演論文集, 2A1-J09 (2020).
- [5] 「等身大マスコットロボットにおける道案内システムの開発」, 日本機械学会北陸信越支部 2024 年度合同講演会講演論文集, S1109 (2024).

研究題目	富山県中小河川を対象とした洪水予測とデジタルツインでの可視化・避難誘導の試み
機関名	富山県立大学
研究代表者	工学部 環境・社会基盤工学科・准教授（現教授）・呉 修一
分野	水工学
キーワード	洪水予測, 中小河川, 富山, デジタルツイン

1. 研究の背景と目的

この研究は、富山の中小河川を対象に洪水の事前予測に取り組むとともに、洪水予測結果の様々な可視化方法を検討する。これにより、地域住民の事前避難の促進や、企業事業所の水害版BCPの策定の推進に資する情報提供を行うことが本研究の目的となる。

近年、気象庁や国土交通省が精力的に洪水予測に取り組んでいる。しかしながら、一つの大きな課題は、県や市町村レベルの中小河川では、これら予測が殆ど対象とされていない事である。これは、中小河川のデータが不十分かつ、小さい河川での予測が科学的に難しいためである。よって、本研究では富山県の中小河川を対象とした洪水予測に、純然たる物理モデル（分布型水文モデル）での予測に加えてAIを用いた予測を組み合わせることで取り組んだ。

上記の課題に加えて、上流域や中小河川は測量が困難であることもあり、基礎的調査データの不足から、洪水氾濫解析に制約があることが課題となっている。よって、本研究では、富山県の中小河川を対象として、洪水氾濫解析を行い富山県中小河川の洪水氾濫解析に必要なデータの確認や解析手法の検討を行う。特に近年整備されつつある1m高解像度のLPデータを用いる。これにより、中小河川における洪水氾濫解析の精度向上に向けて必要なデータを明らかにすることも目的とする。

2. 研究方法

本研究では富山県の二級河川である上庄川（図-1）を対象とする。上庄川は、流域面積 70.6 km²、県管理区間幹川流路延長 15.3 km の氷見市最大の二級河川である。また流域の大部分は山地で集落が点在しており、河口付近は氷見市の中心地として栄える中山間地河川に属する。

本研究は、1) 物理モデル、AIモデルを用いた水位予測モデルの構築と精度検証、2) 中小河川を対象としたLPデータの検証とその利用方法の提案、3) 洪水氾濫解析結果の可視化方法の検討、の3つがメインとなっている。以下、それぞれの概要を記す。

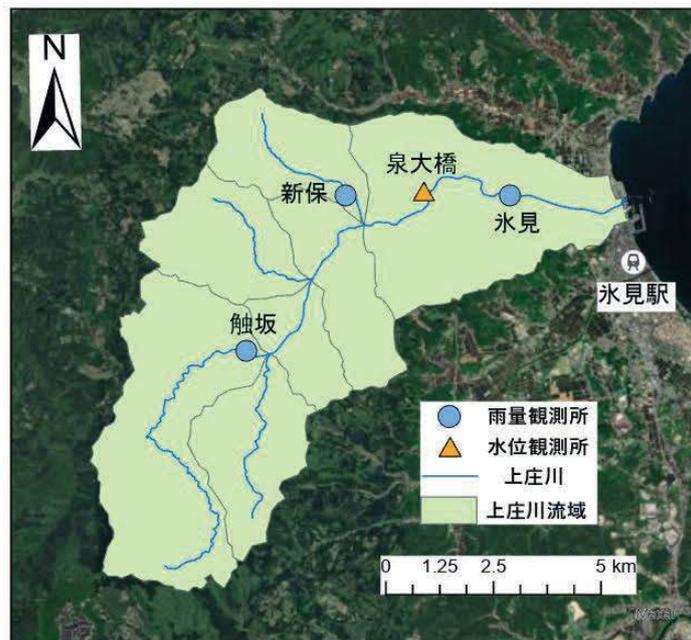


図-1 対象流域の概要および観測所の位置

1) 物理モデル，AI モデルを用いた水位予測モデルの構築と精度検証

本研究の使用データとして国土交通省観測所水位および雨量データ，雨量データより算出した流域平均雨量，予測雨量である気象庁メソアンサンブル予報システム(MEPS)を使用した。流域平均雨量は，流域内の雨量データを用いてティーセン法より算出した。MEPS のデータは上庄川流域内から格子点データを抽出し，それらの単純平均とし流域平均雨量として用いた。MEPS のデータは，アンサンブル数が 21 メンバーである¹⁾。また，MEPS は 3 時間間隔で予測されるため 1 時間間隔となるよう時系列補正を行った。このデータを用い，数値予測データが水位予測に与える影響評価を行う。

深層学習は入力層，中間層，出力層といった複数の層を持つ学習手法である。本研究では，時系列データを考慮した深層学習のモデルを用いた。入力データとして，ピーク水位が最も大きい洪水イベントにおける水位データ 1 地点および雨量データ 3 地点を用いた。洪水イベント期間は，水位データおよび雨量データより算出した流域平均雨量より決定した。

水文流出モデルには，呉ら²⁾の降雨流出モデルを用いた。河道部の洪水追跡計算には，1次元不定流計算を使用した。土地利用データや流域データを用いて降雨流出計算を行い，その結果から算出される流量を，洪水追跡計算への横流入として入力した。また，洪水追跡計算には，泉大橋水位観測所付近の横断面データを導入した。

2) 中小河川を対象とした LP データの検証とその利用方法の提案

データ検証では，中小河川のデータ（河道横断面など）が不足している状況を克服するため，1m メッシュ解像度の LP データを検証し，これらを洪水氾濫解析でを使用することを検証する。降雨

は「中小河川洪水浸水想定区域作成の手引き(第2版)」に基づき、想定最大規模降雨を使用する。想定最大規模降雨量は、継続時間24時間の各河川流域面積に合わせて算定した。降雨強度式を用いて中央集中型降雨波形を作成し、総降雨量が想定最大規模降雨量となるよう等倍率での引き延ばしを行った。

降雨流出モデルには、呉ら²⁾の土壌・地形特性に基づく降雨流出計算手法を用い、想定最大流量を算定した。河道部の洪水追跡計算には一次元不定流計算を用いる。また、堤内地の洪水氾濫解析には二次元不定流計算を用いる。河道の粗度係数は0.033で一律に与えた。河道横断面や破堤箇所は以下の方法により設定した。

利用可能なデータとしてLPデータを検討する。また、河道横断面は、既存データ、LPデータ(1m)、現地測量成果データを使用し、Case 1, 2, 3の3ケースに分けて設定する。Case 1は、LPデータ(5m)やGoogle Earthを基に目視で作成したラフな河道横断面を設定する。Case 2は、LPデータ(1m)を基に作成した高精度な河道横断面を設定する。Case 3は、LPデータ(1m)に加え、現地測量成果データを用いて河道横断面を作成したもので、現状ベストであると考え。堤内地の地形標高には、国土地理院LPデータ(5m)を使用する。

3) 洪水氾濫解析結果の可視化方法の検討

洪水氾濫解析結果の可視化方法の検討では、VRを用いた3Dでの表現、CGを用いた表現などに加えて、破堤確率を考慮したハザード情報の提示、家屋の位置を強調したハザード情報の提示など様々な可視化方法を検討した。

3. 研究成果

それぞれの研究成果を以下に記述する。

1) 物理モデル、AIモデルを用いた水位予測モデルの構築と精度検証

実績雨量による水位予測として、対象期間を2021年8月12日11:00~2021年8月14日15:00の出水とし、実測値と予測値を比較した。深層学習および水文流出モデルにおける水位予測の結果と実測水位との比較を図-2に示す。深層学習では、水位波形の上昇部、低減部ともに良好に再現できていることがわかる。また、予測結果の水位波形は、実測値の波形とおおむね等しい結果となった。しかし、ピーク時に実測値と予測値で差異が生じている。水文流出モデルでは、ピーク時の水位がおおむね等しいことがわかる。また、実測値より水位波形にずれが生じており、実際より早く水位予測ができることがわかる。しかし、ピーク後の水位が実測値よりも低い結果となった。両手法を比較すると、深層学習の方が水文流出モデルより比較的高い精度で予測できている。深層学習では水位データを使用しているため、精度の良い結果が得られたと考える。水文流出モデルでは河道横断面の不足が、結果に影響したものだと考える。

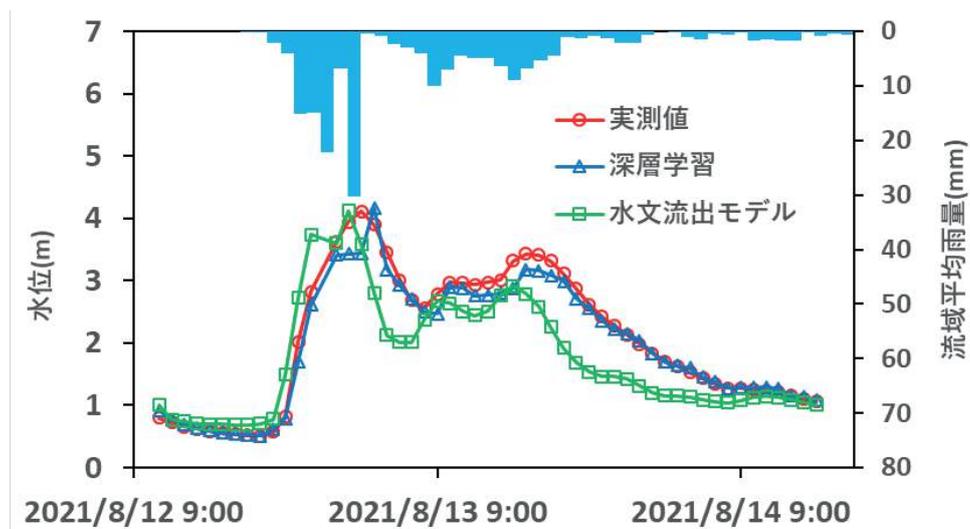


図-2 実測雨量による1時間先の水位予測結果

予測雨量による水位予測として、対象期間を2019年8月30日4:00～2019年8月31日18:00の出水とし、実測値と予測値を比較した。深層学習における水位予測の結果を図-3に示す。ピーク時にばらつきが大きくなったが、少ないメンバーで1時間先のピーク水位をとらえられた。しかしながら、水位の立ち上がりをとらえられていない。これは水位データがおいついていないためと考える。水文流出モデルにおける水位予測の結果を図-4示す。全体的なばらつきが大きい、2つのメンバーで水位上昇をとらえることが出来た。

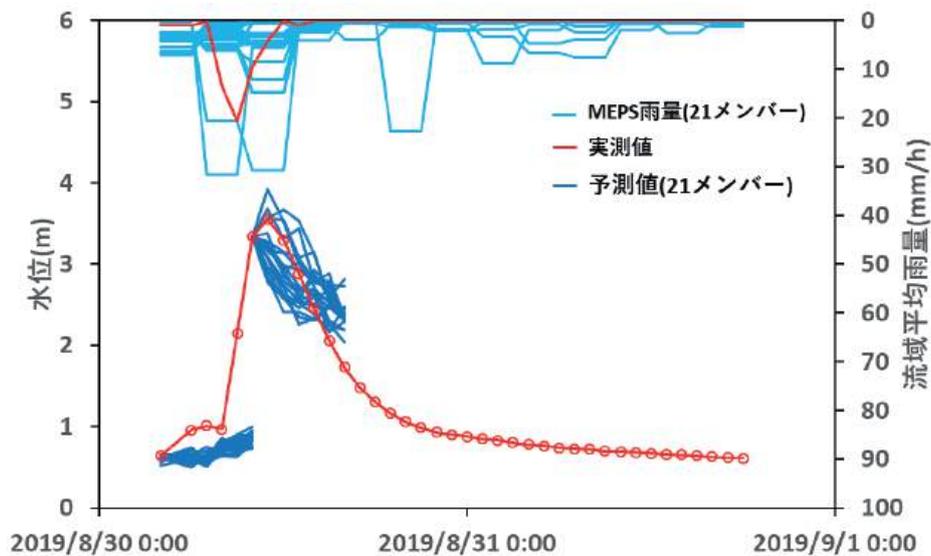


図-3 深層による1～6時間先の水位予測

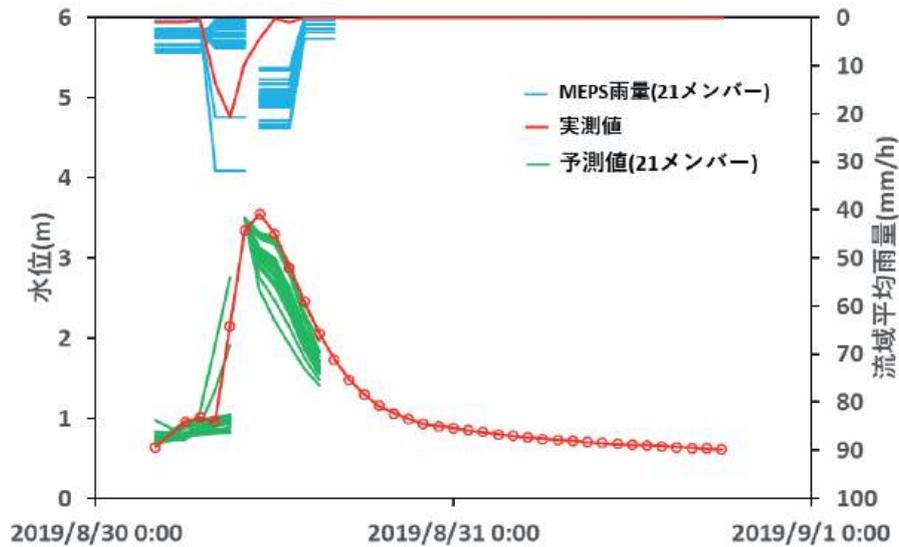


図-4 水文流出モデルによる1～6時間先の水位予測

まとめとして両手法を比較すると、深層学習の予測は、短時間先の予測では水位データのおかげで高精度な予測が可能だが、長時間先の予測では水位データが追いつかず精度が低下する。水文流出モデルの予測は、予測雨量データに依存するため、短時間予測では深層学習より精度が低い。予測雨量の精度があがれば長時間先の予測は深層学習より精度が高くなる。アンサンブル予測を行うことで、少ないメンバーは洪水を事前に予測可能となる。しかしながら、降雨予測の精度が中小河川では現状低いため、現状洪水予測が難しい状況である。

2) 中小河川を対象としたLPデータの検証とその利用方法の提案

3 case を用いて洪水氾濫計算を行った。計算結果の一例を図-5 に示す。Case2, 3 と比較して Case1 の浸水範囲が最も大きい結果となった。Case1 のようにラフな河道横断面を設定した場合、過大な結果となることが考えられる。また、Case2, 3 において概ね一致する結果が得られたため、LPデータによる河道横断面で十分な洪水氾濫解析を行うことが可能であると考えられる。このように、河道横断面図は、洪水氾濫解析の結果から Case1 のような目視等による仮設では不十分であることがわかった。LPデータの精度検証結果や解析結果から、LPデータにより河道横断面図の再現が可能であり、十分な精度を有する洪水氾濫解析を行うことが可能である。

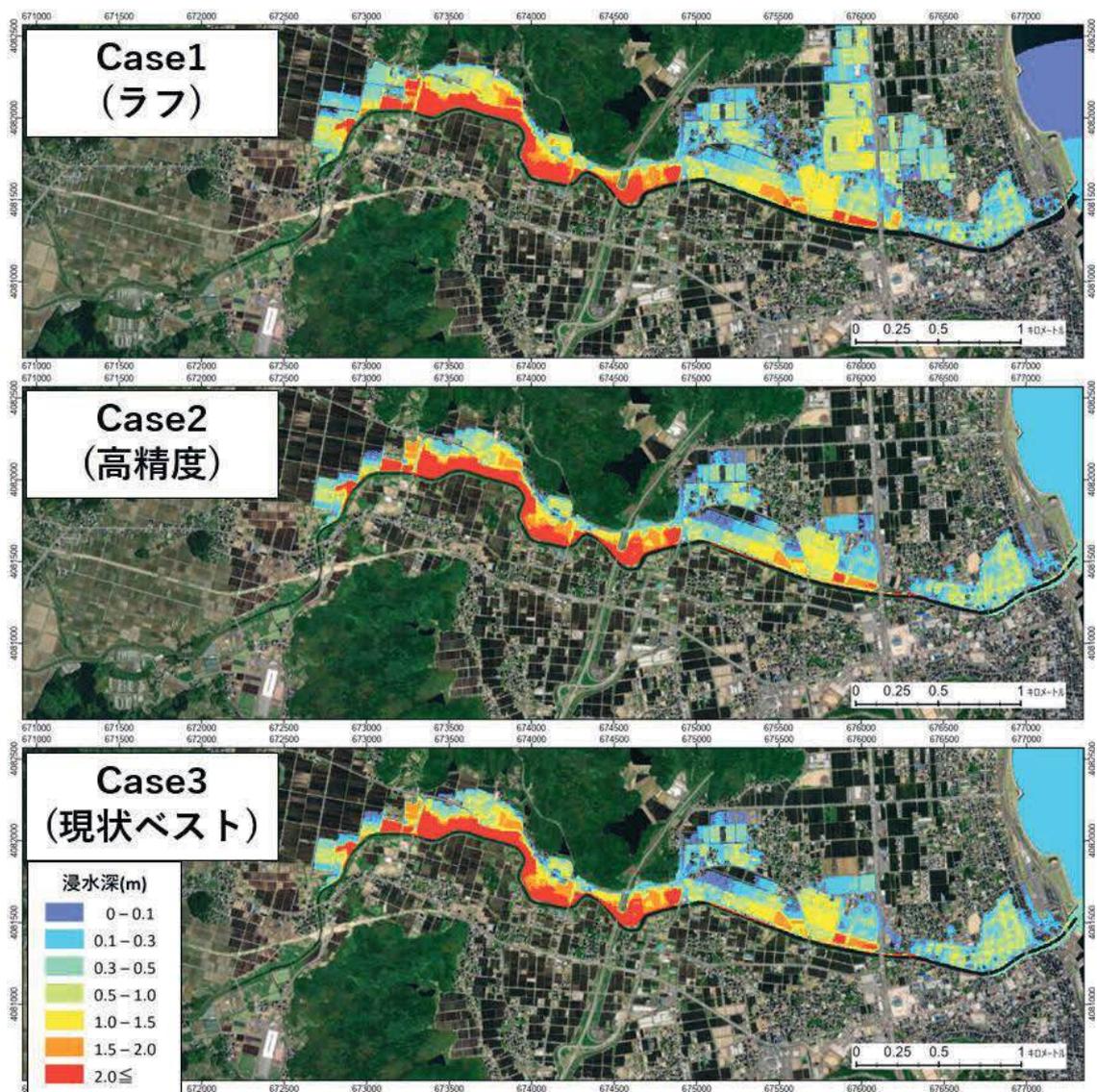


図-5 上庄川下流における洪水氾濫解析結果

3) 洪水氾濫解析結果の可視化方法の検討

洪水氾濫解析結果の様々な可視化方法を検討した。VR を用いた 3D での表現，CG を用いた表現などに加えて，破堤確率を考慮したハザード情報の提示，家屋の位置を強調したハザード情報の提示などを，本研究で新たに提案することが出来た。一例として家屋の位置を強調したハザード情報の提示結果を図-6 に示す。また，3D での洪水氾濫解析結果の可視化結果を図-7 に示す。このようにハザード情報（浸水深）と家屋の位置を重ねることで，各家屋の事前避難促進につなげていきたい。

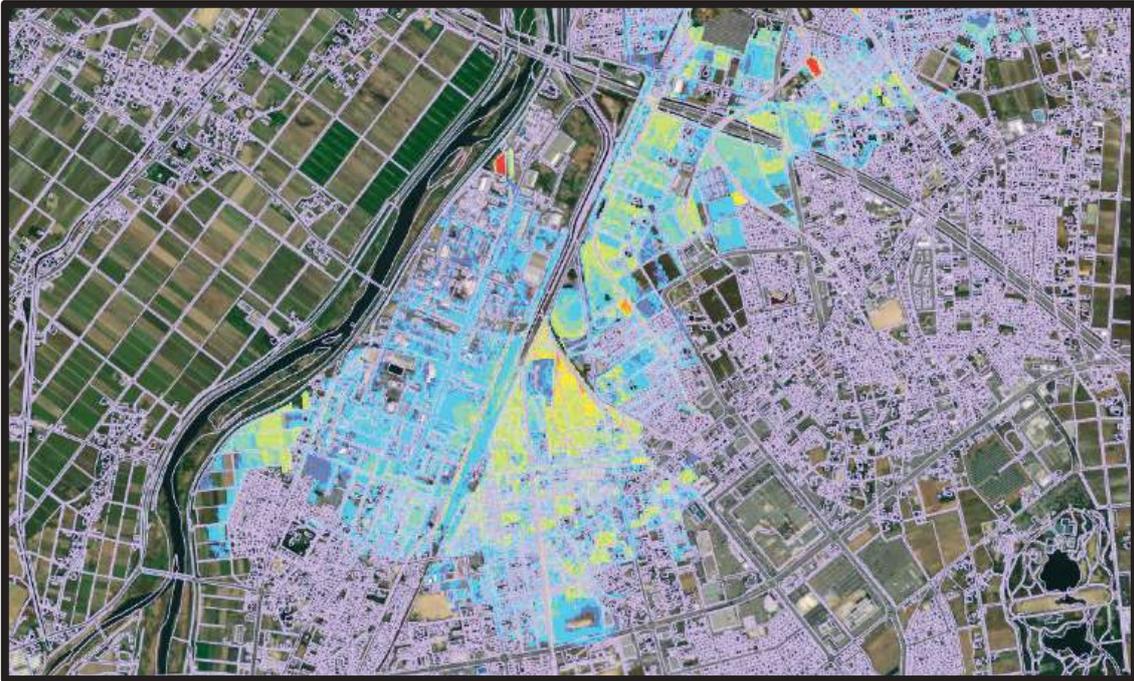


図-6 家屋の分布を背景とした氾濫解析結果

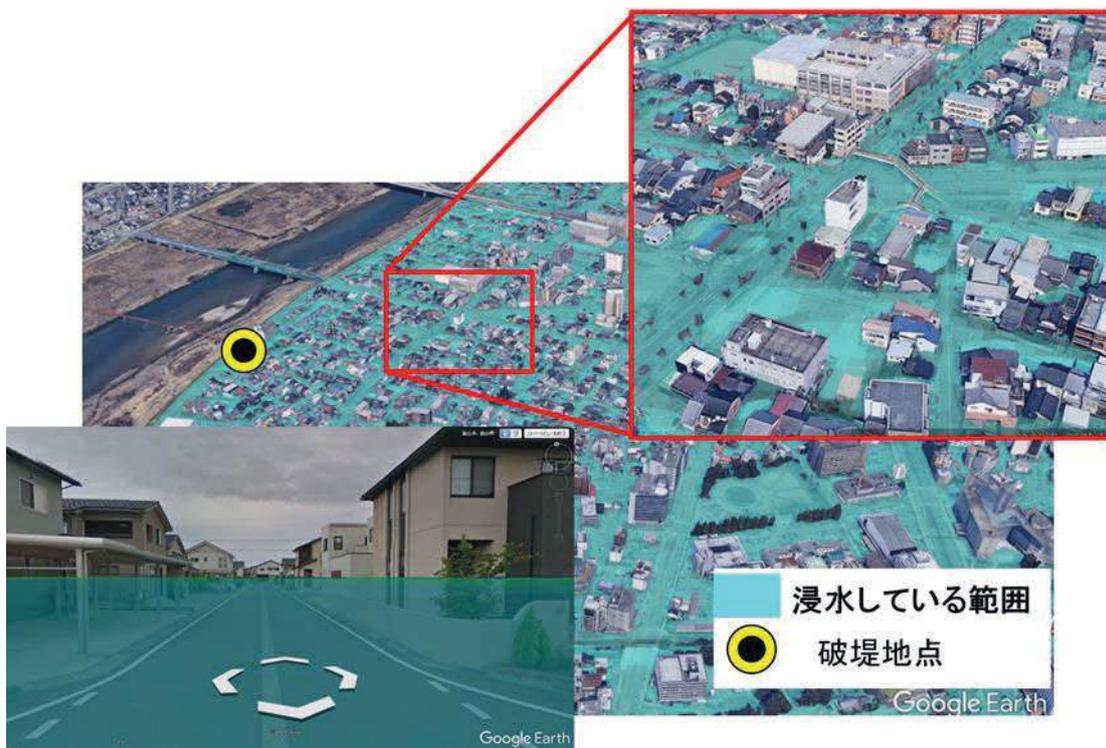


図-7 氾濫解析結果の3D表示とGoogle Earth上での表示

4. 今後の展望

現在は、水位予測結果と堤防破堤を組み合わせることで、リアルタイム洪水氾濫解析への展開と、それらの逐次可視化に取り組んでいる。これにより、住民の事前避難促進や企業の BCP 作成支援に資する情報の提供、更にはリアルタイム洪水氾濫予測システムの構築に貢献したいと考えている。そのために、降雨予測の精度向上が必要となる。これは気象庁などの技術改良に期待したい。また、急流河川での破堤箇所をリアルタイムで予測・監視するシステムの開発に取り組むことで洪水予測から破堤箇所の抽出につなげたい。このために、河道の滯筋をドローンで撮影・監視し、2次元の河床変動計算を実施することで、破堤を予測する。これより、富山でのリアルタイム洪水氾濫解析が可能となる。これら予測結果の可視化を3次元で VR や CG で表示することで、デジタルツインでの洪水予測が現実のものとなってくる。

5. 参考文献

1. 一般財団法人 気象業務支援センター, メソアンサンブル数値予報モデル GPV (MEPS), <http://www.jmbc.or.jp/jp/online/file/f-online10250.html> (2024年6月21日閲覧)
2. 呉修一, 山田正, 吉川秀夫: 表面流の発生機構を考慮した斜面多層降雨流出計算手法に関する研究, 土木学会水工論文集, Vol.49, B-2, pp.169-174, 2005.

研究題目	富山県の地下水・水道水中 PFAS の分布と汚染源 解析
機関名	富山県立大学
研究代表者	工学部 環境・社会基盤工学科・准教授（現 教授）・黒田啓介
分野	環境工学
キーワード	有機フッ素化合物、地下水、湧水、水道水、下水マーカ

1. 研究の背景と目的

有機フッ素化合物であるパーフルオロアルキルおよびポリフルオロアルキル物質（perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances; PFAS）は、結合力が非常に強い炭素-フッ素結合を持つ人工化合物の総称である^{1,2)}。撥水・撥油性、耐薬品性、耐熱性など優れた性質があるため、撥水加工・防汚加工製品や、泡消泡剤などに幅広く用いられてきた²⁾。一方、PFAS は別名で永遠の化学物質（フォーエバー・ケミカル）とも呼ばれ、環境中で拡散しやすく、かつ極めて分解しにくい性質がある¹⁾。PFAS の中でも、特にパーフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）やパーフルオロオクタン酸（PFOA）が主に使われていた。しかし、難分解性、生物蓄積性、生態毒性が懸念され、PFOS は 2009 年に、PFOA は 2019 年に残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（POPs 条約）に追加され、規制対象となった¹⁾。そのため、現在は PFOS や PFOA の代替として炭素鎖が短いパーフルオロヘキサンスルホン酸（PFHxS）、パーフルオロブタン酸（PFBA）、パーフルオロペンタン酸（PFPeA）などの使用が増加している²⁾³⁾。

近年は環境水からの PFAS の検出が報告されているが、Sims et al. (2022) の総説によると世界の地下水中の濃度中央値は表流水の濃度中央値の 4 倍以上高く¹⁾、地下水の PFAS 汚染は世界的に懸念されている。一方、地下水利用が盛んな富山県では PFAS 濃度データが極めて少ない。環境省による県内の調査地点は地下水・河川水それぞれ 2 地点ずつしかなく、対象物質も PFOS、PFOA、PFHxS の 3 物質のみであった^{4,5)}。また、水質保全のためには、PFAS の分布だけでなく、その起源や汚染経路を明らかにする必要がある。

これらの背景から、本研究では地下水利用が盛んな富山県内の地下水・湧水における PFAS の存在状況をより広く詳細に把握することを目的に、県内 25 地点を対象に採水し、PFOS、PFOA、PFHxS に加えて PFBA と PFPeA を加えた 5 種類の PFAS の濃度を測定した。また、現場の状況や、下水マーカとなる医薬品・人工甘味料の測定結果と組み合わせることで、PFASs の汚染源（下水、道路排水、工場、消火剤など）や汚染経路（廃水の直接地下浸透、下水の漏洩など）を推定した。

2. 研究方法

2023 年において富山県内で湧水 15 箇所、地下水 6 箇所、水道水 1 箇所の計 22 か所の環境水

を採取した。PFAS の測定方法は Kobayashi et al. (2022) の論文を参考に決定した⁶⁾。PFAS の前処理に関しては、ろ過、固相抽出、カラム洗浄、カラム乾燥、溶出、濃縮、再構成の順で行った。具体的には、ろ過は Whatman 製の粒子担持率 1.0 μm のガラス繊維ろ紙 GF/B を使用してろ過済み水試料 1L を作成した。固相抽出では、Waters 社の WAX Plus Short カートリッジ (225 mg) を使用した。カートリッジのコンディショニングのため、0.1%アンモニア水/メタノール溶液 4 mL、メタノール 4 mL、精製水 4 mL を流した。その後、ろ過済み試料水 1 L を流速 5 mL/min でカートリッジに通水した。通水後、純水 5 mL を用いて試料容器を洗浄し、カートリッジに通水した。その後、固相抽出カートリッジを 30 分間乾燥させた。その後、0.1% アンモニア水/メタノール溶液 5 mL をカートリッジに流し、溶液を 10 mL 褐色バイアルで受けた。褐色バイアルを 40°C のヒーターに移し、窒素ガスを用いて、残っている液を 0.45 mL まで揮発させた。残量に応じてメタノールを加え、全量を 0.5 mL に再構成した。固相抽出と LC-MS/MS 分析における回収率をそれぞれ調べるために、固相抽出前と再構成前に 100 $\mu\text{g/L}$ の内部標準 ES と IS をそれぞれ 50 μL 添加した (添加量 5 ng)。

人工甘味料及び医薬品類の前処理に関しては、ろ過、pH 調整、固相抽出、溶出、濃縮、再構成の順で行った⁷⁾。ろ過は、PFAS と同様に行った。pH 調整では、塩酸を用いて pH を 1.5 ± 0.1 に調整した。固相抽出カラムには Waters 社の OASIS HLB を使用した。カートリッジのコンディショニングには、メタノール・蒸留水を 6 mL 使用した。その後、試料 500 mL を量り取り同位体を添加後、試料を 10 mL/min の流速でカートリッジに通水し、メタノール 10 mL を用いて溶出し、ほぼ乾固まで窒素気流下で揮発させ、95:5 の水/メタノール溶液 1 mL で再構成した。

これらの試料を液体クロマトグラフィー・タンデム質量分析 (LC-MS/MS) を行い定量・分析した。

3. 研究成果

地下水と水道水ではすべてのサンプルで、湧水では 15 地点のうち 9 地点のみで PFAS が検出された。表 1 に、濃度中央値 (ng/L) と検出数、検出率を示す。図 1 に、検出された地下水・湧水・水道水中の PFAS 濃度の内訳を示す。なお、SP1、SP6、SP7、SP10、SP14、SP15 は PFAS が検出されなかったため、省略した。

地下水・湧水全体として、検出率は PFBA が最も高く、次いで PFOA、PFOS、PFPeA、PFHxS の順であった。炭素鎖が短い PFBA が検出率が高いのは、短鎖 PFAS が地下水中で吸着しにくいことと整合的であった。一方で PFOA と PFOS という、POPs 条約により使用が著しく制限されている物質が地下水・湧水から多く検出されたことは、これらの物質が過去に地下水・湧水に混入し、地中で長期間にわたり流下したのちに地下水・湧水として地表に現れていることを示唆している。他の研究でも示されている^{1,8)}とおり、地下水中の PFAS は過去に受けた汚染を反映しており、今後もしばらくは PFOA と PFOS を中心としてレガシーとなった PFAS が地下水・湧水から低濃度ながら検出される懸念がある。

PFAS が検出された試料の約 9 割が 10 ng/L 以下であった。国内基準値 (PFOS 及び PFOA の合

算濃度が 50 ng/L 未満) に関しては、すべての試料がこれを満たしていた。一方、1 地点 (SP3) では米国の基準値 (PFOS と PFOA がそれぞれ 4 ng/L 未満) を超えていた。本研究で得られた濃度の中央値は、環境省^{4,5)}が行った、全国の地下水及び湧水中の PFOS と PFOA 濃度の中央値を下回っていた (図 2)。

図 2 には、PFAS が検出された地点における PPCPs・ASs 濃度分布を示した。他の地点と比べて高い PFAS 濃度が検出された GW5、SP3 では、医薬品類・人工甘味料の濃度も高かった。一般的に、医薬品類・人工甘味料は生活排水の影響を受けると濃度が上昇する。そのため、これら試料の PFAS 濃度が高い要因の一つに生活排水の影響が考えられた。

表 1. PFAS の濃度中央値 (ng/L)、検出数、検出率

サンプルの種類		PFBA	PFPeA	PFOA	PFHxS	PFOS	ΣPFAS
中央値 (ng/L)	GW	0.45	<0.1	0.41	<0.1	0.34	1.31
	SP	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.12	0.12
	Tap	1.43	0.44	1.83	2.11	1.99	7.8
検出試料 数/総試 料数	GW	5/6	2/6	3/6	2/6	1/6	6/6
	SP	6/15	4/15	5/15	2/15	8/15	9/15
	Tap	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1
検出率	GW	83%	33%	50%	33%	17%	100%
	SP	40%	27%	33%	13%	53%	60%
	Tap	100%	100%	100%	100%	100%	100%

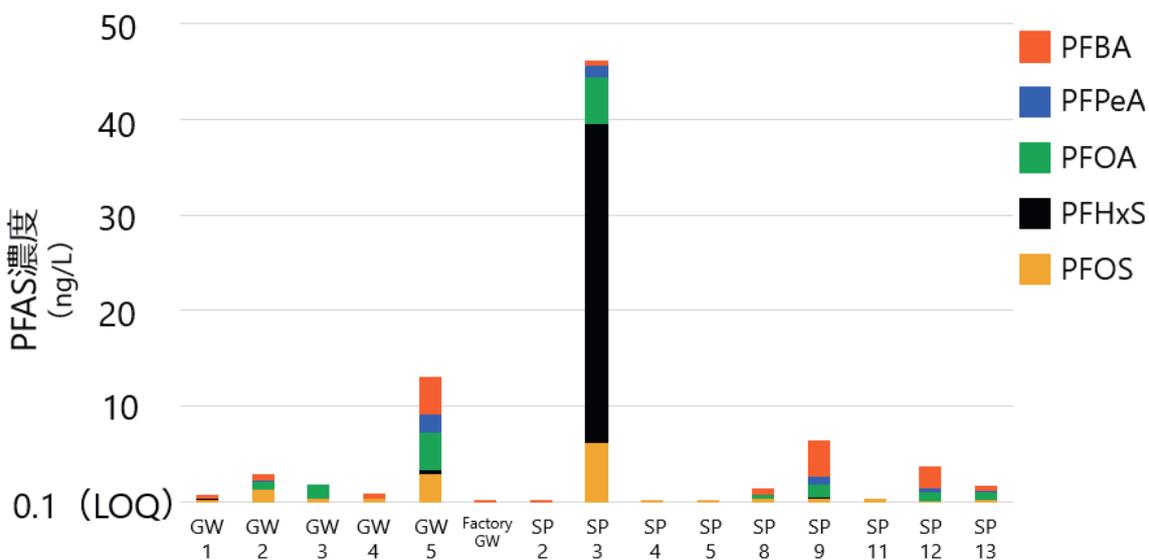


図 1. 地下水・湧水から検出された PFAS の濃度内訳

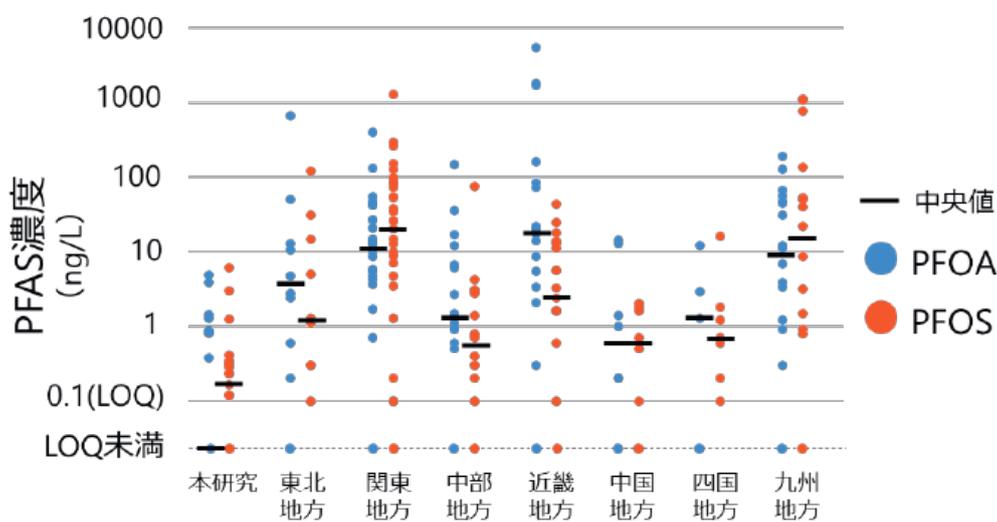


図 2. PFOA と PFOS 濃度に関する本研究結果と他地方^{4,5)}の比較

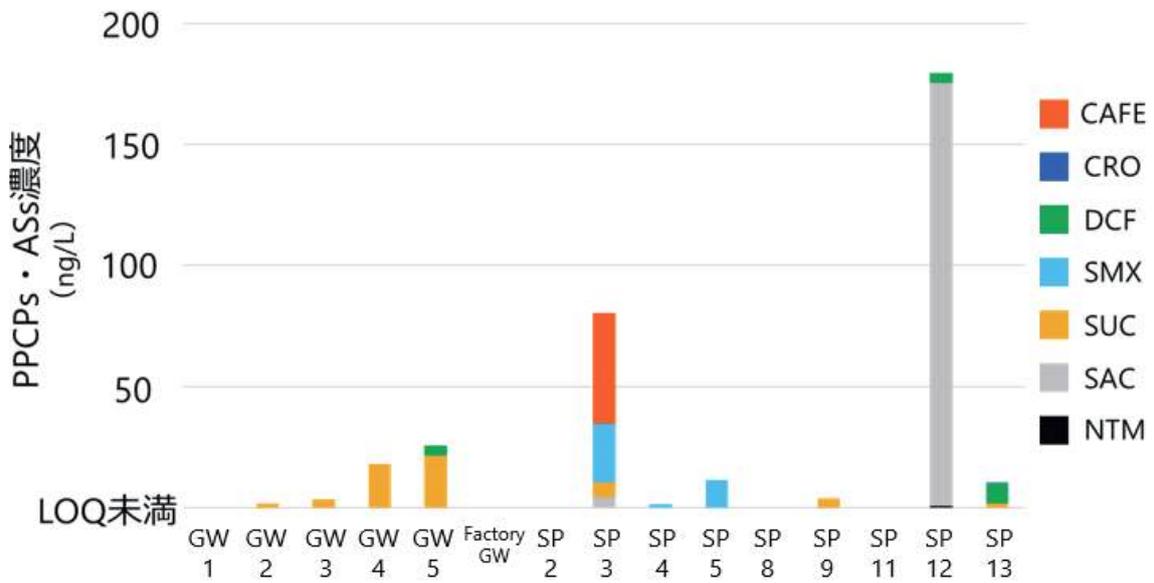


図 3. PFAS が検出された地点における PPCPs 及び ASs の濃度内訳。CAFÉ: Caffeine, CRO: Crotamiton, DCF: Diclofenac, SMX: Sulfamethoxazole, SUC: Sucralose, SAC: Saccharin, NTM: Neotame.

次に、地下水・湧水中で最も高い PFAS 濃度が観測された SP3 について汚染源や汚染経路を考える。SP3 は行田の沢清水で、滑川市の行田公園内から採水した。図 4 に示すとおり、SP3 周辺は住宅街であった。周辺 1 km には工場は存在せず、工場排水の影響は見られないと考えられた (図 5)。



図 4. SP3 の周辺の地形



図 5. SP3 付近の工場

SP3 は湧水が地表でせせらぎを形成している場所であり、試料水は地表から採取している。また PFOS・PFOA に比べて PFHxS の割合が高かったことや、Caffeine が検出されていたことから、比較的最近の汚染と考えられる^{8,9)}。これらのことから、汚染源として最も考えるのは生活排水であるが、湧水が地下で汚染されたのではなく、地表に出てから汚染を受けた可能性がある。

SP12 では、SAC が他に比べて高い濃度（175 ng/L）で検出された。SAC は畜産飼料にも使用されるため、SP12 は畜産排水の影響が考えられた⁷⁾。SP12 の源流は倶利伽羅山中の鳩清水の滝である。しかし、周辺を調査したが、汚染源の可能性のある畜産施設は見つからなかった。

水道水は 1 試料のみの分析であったが、PFAS の濃度は最大で PFHxS の 2.11 ng/L と低濃度であり、日本や米国の飲料水ガイドラインを超過することはなかった。

4. 今後の展望

調査した富山県内の合計 21 地点の地下水・湧水は、日本の他地方と比較して測定値の PFAS 濃度は低い傾向にあり、日本の環境基準はすべて満たしており、米国の飲料水ガイドラインは 1 地点を除いて適合していた。PFAS が検出された地点は主に市街地に多く、不検出地点は郊外に位置する傾向にあった。比較的高い濃度が見られた地点の PFAS の起源は生活排水と考えられた。水中の PFAS については、今後も引き続き様々な種類の環境水や飲料水中の分布調査や汚染

源の調査が必要と考えられた。

5. 参考文献

1. Sims et al (2022) Global occurrence and probabilistic environmental health hazard assessment of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in groundwater and surface waters, *Science of the Total Environment* 816, 151535.
2. Singh et al (2023) Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) as a health hazard: Current state of knowledge and strategies in environmental settings across Asia and future perspectives, *Chemical Engineering Journal* 475, 145064.
3. Wang et al (2023) Microbial plankton responses to perfluoroalkyl acids and their alternatives in the aquatic environment, *Journal of Hazardous Materials* 441 (5) 129980.
4. 環境省 (2020) 令和元年度 PFOS 及び PFOA 全国存在状況把握調査の結果について
<https://www.env.go.jp/press/108091.html>
5. 環境省 (2021) 令和2年度有機フッ素化合物全国存在状況把握調査の結果について
<https://www.env.go.jp/press/109708.html>
6. Kobayashi et al (2022) Development and Validation of an Analytical Method for Simultaneous Determination of Perfluoroalkyl Acids in Drinking Water by Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry, *Journal of Water and Environment Technology* 20 (6) 219–237.
7. 岩原 (2023) 生活排水・畜産排水が混在する河川における人工甘味料の存在実態、富山県立大学卒業論文
8. Kuroda et al (2014) Investigating sources and pathways of perfluoroalkyl acids (PFAAs) in aquifers in Tokyo using multiple tracers, *Science of the Total Environment* 488–489 (1) 51–60.
9. Kuroda et al (2012) Assessment of Groundwater Pollution in Tokyo Using PPCPs as Sewage Markers, *Environmental Science & Technology* 46 (3) 1455–1464.

研究題目	富山県における河川浮遊ゴミの年間流出量把握と河川間比較
機関名	富山県立大学
研究代表者	工学部 環境・社会基盤工学科・准教授・久加朋子
分野	河川工学
キーワード	流れ, 河床・流路変動, 土砂災害, 河川環境

1. 研究の背景と目的

近年、日本では海岸に漂着する大量の海洋ゴミが問題となっており、砂浜の景観だけでなく、周辺の生態系や水質汚染など環境面からでも大きな影響を及ぼしている。浮遊する海ゴミの中には人工系であるプラスチックゴミが多く含まれており、5 mm 以下の微細なプラスチックの破片であるマイクロプラスチック（以下、MPs）の問題も深刻化している。海ゴミの問題は日本だけでなく国際的にも問題となっており、2015 年の G7・エルマウサミットで議題に挙げたことで、世界的な問題であることが認識されはじめ、国際間での早急な海洋ゴミの対策が考えられるようになってきている。その後の 2019 年の G20 大阪サミットの大阪ブルー・オーシャン・ビジョンでは、2050 年までに海洋プラスチックによる追加的な汚染をゼロにまで削減することを目指すとしており、プラスチックゴミの削減を 86 の国と地域で共有を呼びかけている。さらに日本では、この G20 に向けて海洋プラスチックゴミ対策アクションを策定し、プラスチックゴミの海への流出を抑えるために廃棄物の回収やポイ捨て・流出防止等の対策・取組が決められ、具体的な解決に向けて動きださなければならない状況下にあると言える。

海洋プラスチック汚染の問題解決にあたって、ゴミの発生源対策は必要不可欠である。既往研究¹⁾などによると、海岸に漂着する海洋プラスチックの主な発生源は陸域であり、大量に消費された使い捨てプラスチック製品やその破片である MPs が河道を通じて海域へと流出していると指摘されている。日本では、海洋ゴミの 8 割が陸域から河川を経由して海洋へと流出したものと推察されている。近年では、河道を通じたプラスチックゴミの輸送に関する研究が増えつつあり、流域内の人口が多く、都市化が進んでいる地域ほど河道内を通じたプラスチックゴミ輸送量も多くなる傾向が報告されている²⁾³⁾。

こうした背景のもと、富山県においても、海洋プラスチックゴミの漂着および河川回収などを目的とした様々な調査が行われている。具体例を挙げると、富山河川国道事務所では令和 5 年に富山 4 河川（常願寺川・神通川・庄川・小矢部川）ゴミマップを作成し、河川敷などに不法投棄されているゴミの現状の把握を行っている。富山県では海岸への漂着ゴミ対策のため、富山県内の複数海岸において浮遊プラスチックゴミおよび MPs の漂着量把握調査を行っている。富山市では、市内複数河川において網場を設置し、河川を通じたゴミ流出抑制のための調査・取組を実施している。富山県環境科学センターでは、県内複数河川を対象とし、MPs の輸送量把握のための現地調査を行っている。このように、富山県内においても海洋プラスチックゴミ発生を抑制するための数多くの調査が実施されていると分かる。しかしながら、これらはいずれも調

査時における点データ、あるいは面データであり、富山県陸域から河川、河川から海洋へ流出するプラスチックごみの時空間的な輸送特性の把握までに結び付けづらい点に課題が残ると考えられる。河川から海域へと流出するプラスチックごみの対策を検討するには、既往の調査データを踏まえたうえで、それらを補完する形でのプラスチックごみの輸送特性の把握が必要だと考えられる。

そこで、本研究では R4 年度調査を発展させ、主要河川である神通川、庄川、小矢部川を対象とし、河道内から河口へと流出する浮遊プラスチックごみの年間流出量の把握と河川間比較を目的とし、現地調査を実施した。具体的には、はじめに各河川の流域内の土地利用の整理と比較を行った後、定点カメラを用いた現地調査より河川を流れる浮遊プラスチックごみの年間流出量の把握と河川間比較を実施した。

2. 各流域の土地利用の整理と比較

3 河川の土地利用状況（国土地理院の土地利用データ）を図-1 および表-1 に示す。図を整理した結果、都市化率は神通川が 8.9% (68.1 km²) であり、庄川が 2.4% (10.8 km²)、小矢部川が 7.7% (52.1 km²) であった。農地率は小矢部川が 39.3% (266 km²) と最も割合が高く、神通川が 18.5% (141.5 km²)、庄川が 10.5% (47.4 km²) であった。流域人口は神通川で約 38 万人と最も多く、庄川で約 2.8 万人、小矢部川で約 30 万人であった。これより、都市化率は神通川流域にて僅かに小矢部川流域より大きい程度であるが、農地率は圧倒的に小矢部川流域で大きいことが確認された。

3. 海岸近傍漂着ゴミ量の比較（既往調査報告を整理）

対象海岸には、都市化率の高い神通川の河口付近の岩瀬浜と、小矢部川および庄川河口付近の

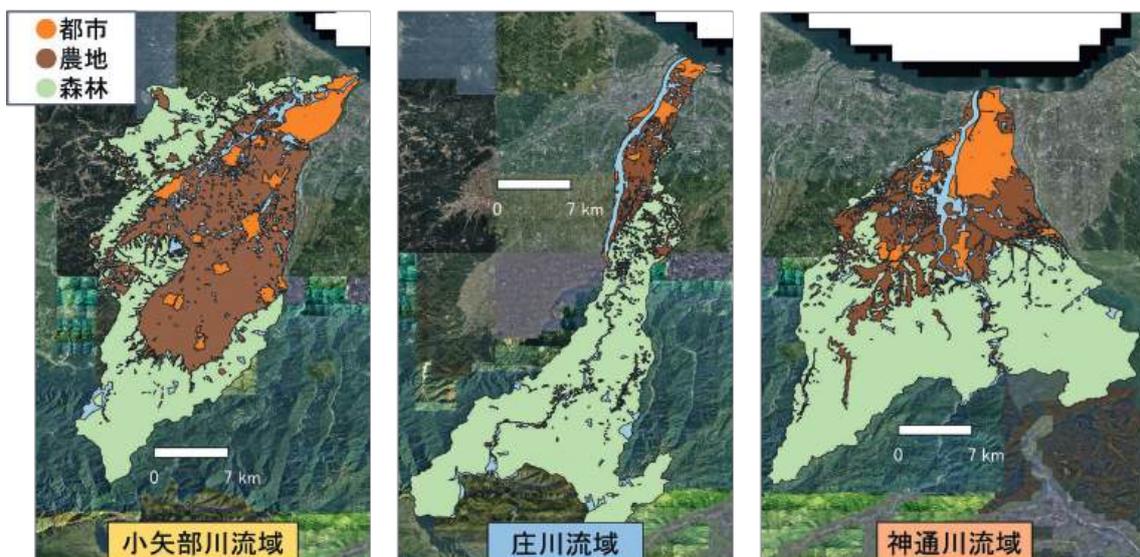


図-1 3 河川流域内の土地利用区分の整理（背景 国土地理院）

表-1 対象河川の流域圏における土地利用の比較（富山県内のみ）

流域		小矢部川	庄川	神通川
流域面積 (km ²)		677	451	765
流域人口		300,000	28,000	380,000
人口密度 (人/km ²)		443	62	497
土地利用	都市化率 (%)	7.7	2.4	8.9
	農地率 (%)	39.3	10.5	18.5
	森林率 (%)	44.7	77.8	66.0

表-2 六渡海岸と岩瀬浜における漂着物ゴミ数の比較（平水時と出水後）

砂浜	六渡寺海岸		岩瀬浜	
	平水時	出水後	平水時	出水後
漂着物密度 (m ³ /100m ²)	2.385	8.340	0.289	0.230
海岸面積 (m ²)	2.45×10 ³		126.0×10 ³	
総推定漂着物量 (m ³)	58.4	204	364	290



図-2 対象河川河口付近の砂浜，左) 六渡寺海岸，右) 岩瀬浜

六渡寺海岸を対象とした（図-2）。海岸における推定漂着物量 V (m³/100m²) は、富山県による令和元年度海岸漂着物概況調査結果を使用した。岩瀬浜と六渡寺海岸の砂浜面積 A (m²) は、砂浜面積に長期的な変化がないと仮定し、国土地理院の全国最新写真（2016 供用開始）を使用して面積を求めた。

表-2 に、岩瀬浜および六渡寺海岸における漂着物量の比較を示す。表-2 によると、平水時の推定漂着物量は六渡寺海岸にて約 58.4 m³であり、岩瀬浜にて約 364 m³であった。一方、出水時の推定漂着物量は六渡寺海岸にて約 204 m³であり、岩瀬浜にて約 209 m³であった。砂浜全域における推定漂着物量の総量を比較すると、平水時は岩瀬浜の方が 6 倍ほど大きく、出水後は砂浜面積に関わらず同程度になることが分かる。このような漂着ゴミ特性になる要因には、幾つかの仮説が考えられる。まず、平水時については六渡寺海岸での定期的なゴミ回収である。これ

より、平水時の六渡海岸調査結果は、本来のゴミ数に比べて非常に小さな値に収まっていると考えられる。また、砂浜サイズの違いによる影響も考えられる。岩瀬浜は六渡寺海岸に比べて海岸面積が約50倍と大きい。このため、漂着物が砂浜へ到達する機会は岩瀬浜の方が何度もあると考えられる。また、岩瀬浜の方が砂浜の奥行きが広いため、一度漂着したゴミは再流出しにくい傾向にあることが推察される。このため、平水時のゴミ数は岩瀬浜にて多く見える可能性も考えられる。一方、増水時が両海岸にて似たような総ゴミ数となっている要因については、海域から砂浜へと浮遊プラスチックごみが戻ってくるまでの時間が異なる可能性が推察される。出水時の流量規模は小矢部川よりも神通川の方が大きいいため、浮遊プラスチックごみは寄りと多くの沖まで流され、その後ゆっくり戻ってくるのかも知れない。さらに、本研究の主な着目点となるが、出水時、小矢部川を通じて輸送される浮遊プラスチックごみ数は、神通川を通じて輸送される浮遊プラスチックごみ数に比べて圧倒的に多い可能性も考えられる。以上の仮設より、海岸漂着物に関する既往データを考察するには各々の河川からどの程度の浮遊プラスチックごみが、どのようなタイミングで流出しているかを把握することは欠かせない基礎データであることが分かる。しかしながら、現時点ではこのような調査データは存在しない。そこで、本研究では、次に河川を通じて河口へと流出する浮遊プラスチックゴミ数を把握するための現地調査を行う。

4. 現地調査

(1) 調査河川緒言と調査地点概要

図-3 に、対象河川と調査地点を示す。神通川は岐阜県高山市の川上岳を源流とする河川である。庄川は岐阜県高山市の烏帽子岳と山中山の山中峠を源流とし、小矢部川は富山・石川県境に位置する大門山を源流とする河川である。3河川とも上流域は急勾配河川であり、河道内には砂州が発達している。図から分かるように、富山県内における小矢部川と神通川には支流が多いが、庄川は少ないことが分かる。また、用排水路網については小矢部川と神通川の両方にて多いことに加えて、小矢部川においては庄川流域から取水された用水が排水路を通じて小矢部川へと流れ込む形となっている。

調査地点の選定には、河川低水路内における砂州形成が無くなることと、水表面においてある程度流れがあること、カメラを設置するための橋が存在すること、の3つを条件として検討した。その結果、小矢部川では二上橋（河口から6.0k）を、庄川では高新大橋（河口から4.0k）を、神通川では富山北大橋（河口から6.0k）を調査地点と選定した。

(2) 調査方法

本調査では、目視ができる大きい浮遊ごみの河道内輸送数を把握するため、タイムラプスカメラとしてHYKE SP3（HYKE社）を用いた。カメラは計5台設置し、小矢部川では二上橋に2台と追加で千保川合流部に1台に設置した。庄川では高新大橋に1台、神通川では富山北大橋に1台の設置を行った。図-4 に、各々の設置状況を示す。カメラはいずれも道路管理者より設置許可を受けた上で取り付けを行い、設置期間を2023年6月中旬ごろ（カメラにより異なる）から

2024年3月末までの約10ヶ月間とした（一部カメラは設置延長申請して継続中）。カメラの撮影は動画とし、タイムラプス間隔を5分、動画撮影継続時間を10秒、撮影時刻を4時から20時まで、画質を2kとした。カメラの電源にはリチウム電池（6本/1台）を用い、1ヶ月ごとに電池交換とメモリーカードを回収によるデータ取得を行った。なお、R4年度は定点写真撮影を行ったが、本年度の検討（R5年度）では定点動画撮影を行っている。これは、10秒間の実際の浮遊ごみ通過量を数えることで、流量規模の異なる調査日や河川間でのごみ通過数の比較を行うことを可能とするためである。

(3) 結果の整理

撮影した動画は、図-5のように左岸、中央、右岸と3区間に分け、5時～19時の間のデータについて、各々の動画下半分を通過するゴミ数をカウントした。ただし、動画には白い泡が含まれる日も多く、加えて時間帯によっては水面に反射する太陽光が映り込み、簡易な機会学習（車や人に適用できる）による判別が難しいことが判明した。このため、本年度は動画を目視し、浮

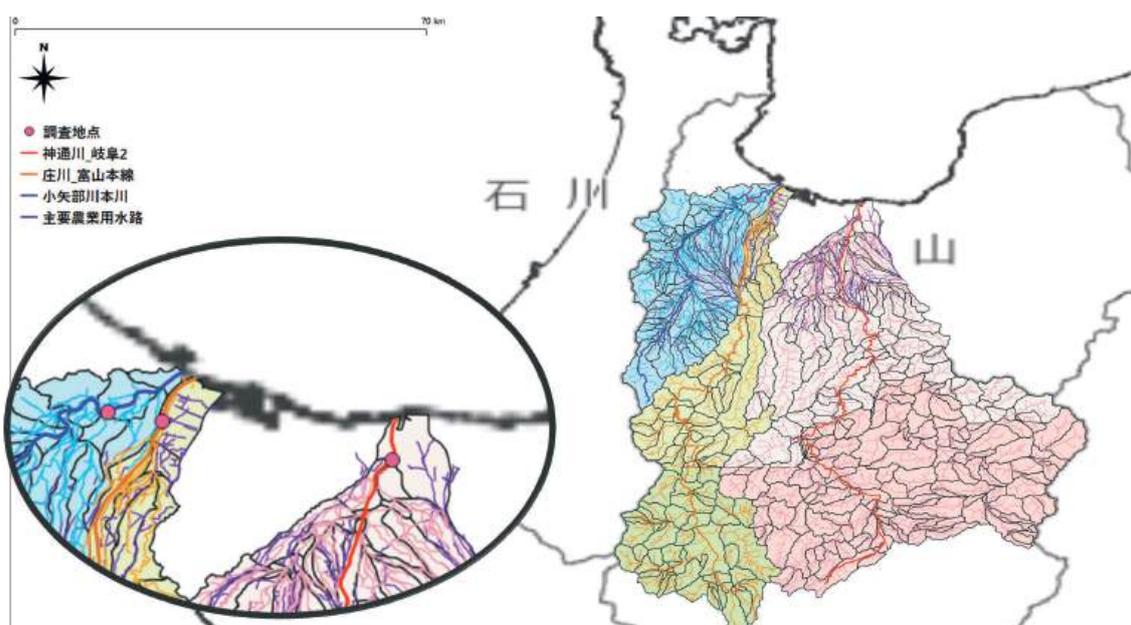


図-3 調査地点，赤点は調査地点を示す（用水路網は富山県水土里情報センター提供）



図-4 カメラの設置状況（小矢部川，庄川，神通川）



図-5 撮影画像の一例（小矢部川二上橋），3区間に分けて通過ゴミ数をカウント

遊ゴミ判別を行うこととした。目視での動画判別にあたっては、白い泡とゴミを区別するための共通ルールとして、1) 小さく色の薄いものは泡と判別してカウントしない、2) 小さく色の薄い白点が続く場合は泡と判別することとしてカウントしない、3) 白以外の浮遊プラスチックごみはカウントしない、という条件を設定した。10秒ごとのゴミ通過数をカウントした後は、6動画（30分間）ごとに平均10秒通過数を求め、その値を用いて推定30分通過数を求めた。これより、カメラ撮影時間内に通過する浮遊プラスチックごみの総数の推定値を求めた。推定値を求める方法は次の通りである。

$$\bar{n}_i = \frac{\sum_{k=1}^6 n_k}{6}$$

$$N_i = \frac{\bar{n}_i}{10} \times (30 \times 60)$$

ここに、 n_k はある時刻において撮影された10秒動画からカウントした浮遊プラスチック通過数、 \bar{n}_i はある30分間の間の浮遊プラスチックの10秒間平均通過数、 N_i はある30分間における浮遊プラスチックごみの推定通過数である。

この他、流量データと浮遊ごみ数とを比較するため、流量データの整理を行った。3河川の平水時、出水時の流量は、国土交通省の水文水質データベースより近傍水位観測所より水位を取得し、富山河川国道事務所より提供された暫定H-Q式より流量を求めた。近傍の水位観測所には、小矢部川では長江水位観測所、庄川では大門水位観測所、神通川では神通大橋水位観測所が該当する。

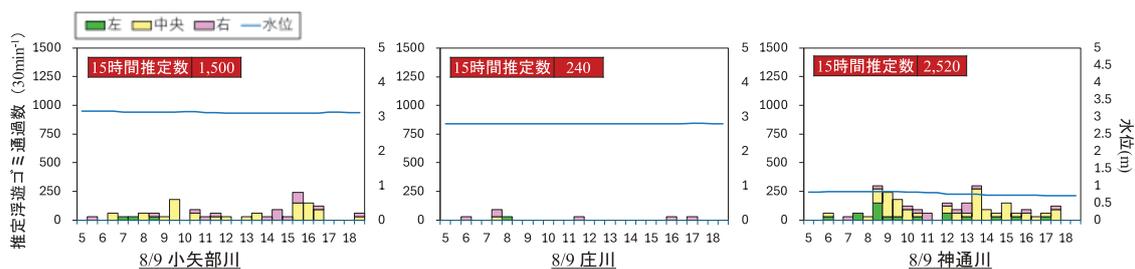


図-6 平水時（8/9）における30分推定通過ゴミ数（5時～19時）と近傍水位

5. 現地調査の結果

図-6に、平水時の各河川における30分ごとの推定浮遊プラスチックゴミ通過数を一例として示す。平水時の例には、出水日が前後日程にてしばらく確認されない2023年8月9日を選んでおり、近傍の水位観測所における水位データも併記している。図-6によると、降雨に伴う水位上昇がなくても河川を通じて河口・海域へと浮遊プラスチックゴミが絶えず流出している状況が分かる。3河川を比較すると、平水時の庄川はゴミが比較的少なく、30分間隔で見たとときにゴミが確認できない時間帯も存在した。一方、小矢部川や神通川では平水時も常に幾つかゴミが確認され、浮遊ゴミが確認されない時間がほぼ存在しなかった。5時から19時までの15時間での推定通過浮遊プラスチックゴミ数は、小矢部川では1500個（内訳は左岸90個、中央960個、右岸450個）、庄川では240個（内訳は左岸30個、中央30個、右岸180個）、神通川では2520個（内訳は左岸510個、中央1590個、右岸420個）であった。小矢部川は左岸側を通過するゴミ数が、右岸～中央にかけてと比べて少なくなる傾向になることが分かる。

図-7に、結果の一部として、2023年7月における推定通過浮遊プラスチックゴミ数と水位を示す。夜間は撮影画像がないため欠損値である。図より、7月における降雨の大半は夜間にピークを迎えるため、降雨開始から終了時点までの通過ゴミ数をカウントできた出水は7月内にて存在しなかった。図-7より、31日間（庄川のみ25日間）における15時間推定浮遊プラスチックゴミ数の総数を比較すると、小矢部川にて41,537個、庄川にて6,966個、神通川にて78,285個であった。ただし、これらは夜間を除いた個数であり、夜間のゴミ数をどのように推定するかが次の課題となる。これについては、現在、2023年6月から2024年5月までの画像データを分析中であり、それらが揃い次第、水位と30分間平均浮遊プラスチックゴミ数との相関図を作成することで、動画データの存在しない夜間についてもゴミ流出数の推定値を得ることができるようにする予定である。

6. 今後の展望

現在、2023年度に取得した3河川の10秒動画の画像分析を継続して行っている。これらが揃い次第、水位データと30分間平均浮遊プラスチックゴミ数との相関図を作成する。これより、動画データの存在しない夜間についてもゴミ流出数の推定値を得ることで、1年間に各河川から流出するゴミ数の推定値を示す予定である。さらに、小矢部川のように浮遊ゴミは河川中央では

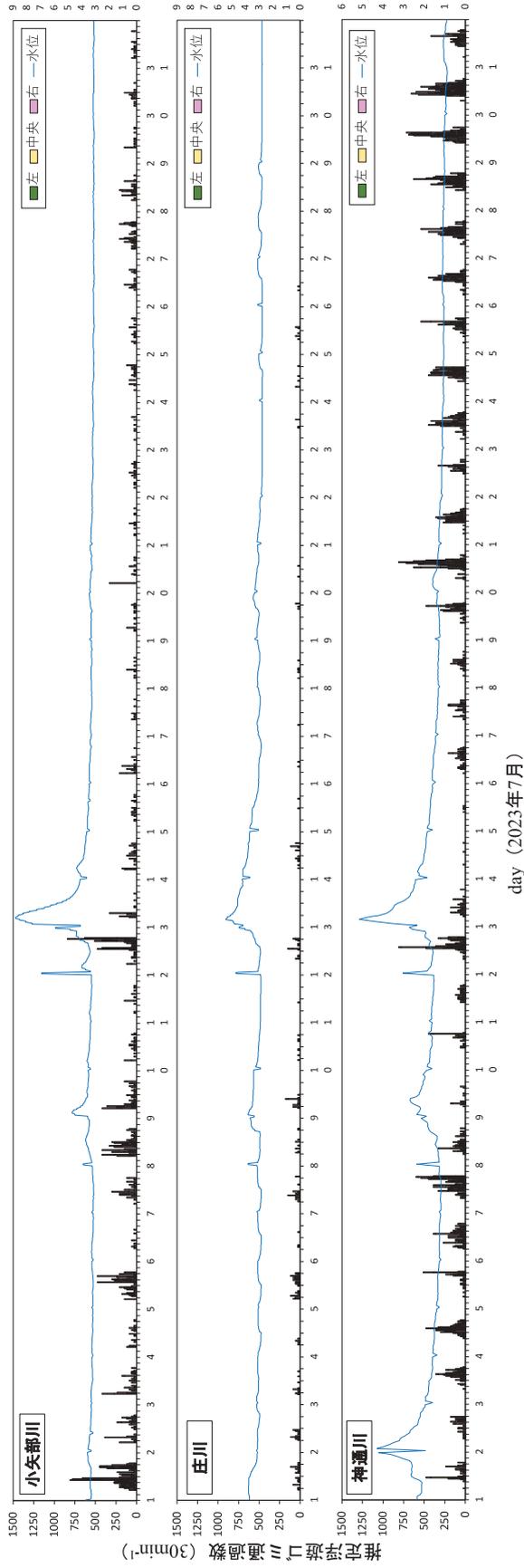


図-7 2023年7月における推定通過浮遊プラスチックゴミ数 (5時~19時以外は欠損)



なく、左右岸どちらかに偏って流れる場所も存在する。これらの要因について数値解析を用いて評価し、輸送特性の把握について検討する予定である。

7. 参考文献

1. 高田秀重：マイクロプラスチック汚染の現状，国際動向および対策，廃棄物資源循環学会誌，29(4)，pp.261-269，2018. doi: 10.3985/mcwmr.29.261.
2. 工藤功貴・片岡智哉・二瓶泰雄・北浦郁弥：平常時・出水時河川のマイクロプラスチック濃度の時間変動特性と年間輸送量評価，土木学会論文集 B1（水工学），74(4)，pp. I_529-I_534，2018. doi: 10.2208/jscejhe.74.I_529.
3. 二瓶泰雄・片岡智哉：河川から考える海洋プラスチックごみ・マイクロプラスチック対策，廃棄物資源循環学会誌，29(4)，pp.309-316，2018. doi: 10.3985/mcwmr.29.309.

研究題目	水銀パッシブサンプラーを用いた富山県内の大気中水銀濃度の水平分布の把握
機関名	富山県立大学
研究代表者	工学部 環境・社会基盤工学科・講師 中澤 暦
分野	環境科学
キーワード	大気中水銀、パッシブサンプラー、平面分布、モニタリング

1. 研究の背景と目的

常温で唯一液体の金属である水銀は古来より、他の金属と合金を作りやすいという性質から様々な用途に利用されてきた。752年に開眼供養された東大寺のご本尊・廬舎那仏の金色は、水銀に金を混ぜた合金を塗り、水銀を蒸発させる方法により実現した¹⁾。水銀の毒性は昔から知られており、古くは「日本書紀」や「風土記」には、水かね（水銀）の神は言語障害であると記されており、さらに江戸時代の書物にはすでに鍍金（金メッキ）師の中毒症状に関する記述が残されている²⁾。

水銀はごく微量であっても生物へ影響を与える。ヒト健康に関する視点からは①水銀を含む食品等を口から摂取する経口暴露と、②水銀蒸気を吸入する吸入暴露が問題となる。製品のサプライチェーンを通じた水銀の管理と環境中での動態の解明は喫緊の課題であり、水銀規制への世界的な関心の高まりから 2017年には水銀に関する水俣条約が発効した。

水銀の大気への排出源としては、化石燃料燃焼（火力発電）や人力小規模金採掘活動（ASGM）などによる人為的な排出や、森林火災、火山活動などによる自然的な排出がある。ASGM活動では金と水銀が合金を作りやすい（アマルガム）性質を利用した金の精錬が行われており、精錬の過程で多量の水銀が使用されている。発展途上国ではASGM活動が盛んであり、ASGM活動場での大気中水銀濃度はWHOの大気中水銀のヒトへの吸入暴露の基準である $1,000 \text{ ng/m}^3$ を大きく超過することが分かっている³⁻⁵⁾。大気中水銀の観測とその知見の蓄積、ヒト健康リスクの評価手法に関する研究は重要である。

しかし、大気中水銀を観測する手法は限られている。一定量の大气を吸引することで大気中水銀濃度を観測するアクティブサンプリング法を用いた観測は、わが国でも公的機関が定期的に行っているが、回数、地点ともに限られる。富山県内の場合、観測頻度は1~2か月に1回であり、観測地点は6地点である（一般環境区分として2地点、固定発生源周辺区分では4地点）。さらに、連続的な大気中水銀の観測を行う場合はアクティブサンプリング法のうち、商用電源が必要な水銀モニターを設置することが多い。これらの手法は多くの場合、商用電源供給が必須であることに加えコスト面の課題がある。そのため、発生源からの拡散状況など、大気中水銀濃度の水平分布の把握には向かない。この課題を解決する一つの方法としてパッシブサンプリング法がある。パッシブサンプリング法は電源供給が不要であり、環境大気中にサンプラーを設置して大気を暴露させることで大気中水銀の観測が可能である。アクティブサンプリング法と比較して時間分解能は劣るが、同時に複数箇所の大気中水銀濃度を観測できる利点がある。

著者らはこれまでに開発してきた大気中水銀のパッシブサンプラー⁶⁻⁷⁾について、室内暴露試験を行い、沈着速度 (Sampling Rate, SR) を完成させることに取り組んできた⁸⁾。本研究では、大気中水銀のパッシブサンプラーを実環境中に適用させ、その平面分布を把握することを目的とした。調査は富山県射水市内を中心に実施した。合わせて ASGM 活動の盛んなインドネシアと周囲に汚染源のない南極昭和基地内で実施した結果と比較した。

2. 研究方法

<調査地点>

富山県射水市の観測では、市内 30 地点 (2023 年 7 月のみ 40 地点) を調査地とした。調査地は人為的な攪乱の影響を受けにくい地点として神社や公園を中心に選定し、2022 年 6 月、11 月、2023 年 5 月、7 月、10 月に実施した。なお、暴露期間は 2 週間とした。射水市には水銀の固定発生源とされる施設として、火力発電所、焼却場が存在する。

インドネシア中央スラウェシ州パル市では、市内全域 24 地点 (ASGM 地域を含む) を調査地とした。この 24 地点は、2010~2012 年に著者らが実施した場所³⁾と同地点である。調査は 2023 年 3 月、4 日、5 日に行い、暴露期間は各 1 日毎とした。

南極昭和基地の観測では、基地のある東オングル島、25 地点を調査地とした。調査は 2022 年 1 月の 1 か月間行った。水銀の固定発生源とされる施設として発電棟 (2 棟)、焼却棟 (1 棟) が存在する。

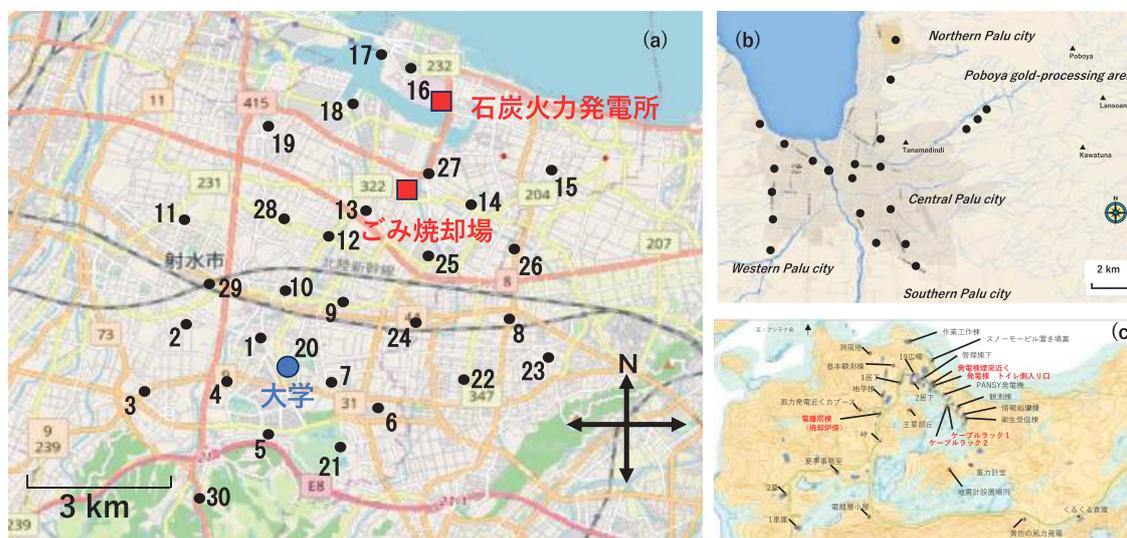


図1 調査地点 (a) 射水市、(b) インドネシア パル市、(c) 南極 昭和基地

<方法>

調査には、著者らのグループが開発を進めてきたパッシブサンプラー (図 2) を用いた。パッシブサンプラーは、φ 15 mm 石英繊維ろ紙に 30 nm 厚の金を蒸着させたもの (水銀パッシブろ紙) をテフロン製の容器に格納し、環境大気中に一定期間曝露させる仕組みである。これまで

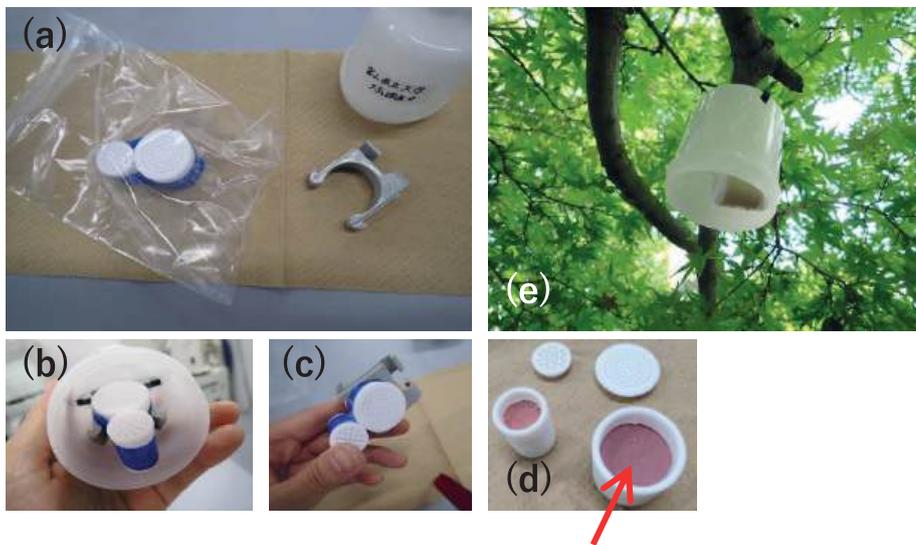
開発した方法でも、曝露期間における水銀パッシブろ紙への水銀の吸着量を観測可能であるが、吸着量から大気中濃度に換算することが不可能であった。そこで、これまでは、一定量の大气を吸引することで大気中水銀濃度を観測するアクティブサンプラー法を併用し、アクティブサンプラー法から得た大気中水銀濃度から水銀パッシブろ紙で得た吸着量を外挿し大気中水銀濃度を求めていた。また、φ15 mm の水銀パッシブろ紙は、ASGM 地域のような、高濃度の大気中水銀環境下では短期間でも十分な吸着量を得られるが、水銀パッシブろ紙の面積の制約から、低濃度域では十分な吸着量を得られず、観測が不得手であった。そこで、本研究ではφ25 mm 水銀パッシブろ紙と本体を新たに作成して比較検討した。SR の推定には McLagan et al.⁹⁾を参考にした。すなわち、

$$SR = \frac{m}{Ct} \quad (1)$$

を用いて 式(1)を

$$C = \frac{m}{SR \times t} \quad (2)$$

式 (2) に変形した。SR 値は別途暴露試験をして求めた⁸⁾。



φ15 φ25 の石英繊維ろ紙に 30nm金被膜を蒸着
 風の影響がないように拡散プレートを装着
 1つのサンプラーに両側各1枚(合計2枚)のろ紙を格納可能

図2 パッシブサンプラーと設置の様子

- (a) パッシブサンプラーキット、(b) 雨除けシェルターに取り付け、
 (c) 手に持ったところ、(d) パッシブろ紙、(e) 設置の様子

3. 研究成果¹⁰⁻¹³⁾

<富山県内における大気中水銀濃度の平面分布>

2022年8月から2023年1月まで、断続的に射水市で観測した大気中水銀濃度を表1に示した。大気中水銀濃度は1.24~2.10 ng/m³で推移した。北半球のバックグラウンドレベル（おおむね1.5 ng/m³）と同様のレベルであった。2023年7月に観測した平面分布の結果を図3に示した。濃度は、0.97~2.35 ng/m³の間であった。射水市内には大気中水銀の発生源となる可能性のある、石炭火力発電所とごみ焼却場が存在している。2023年7月に観測した大気中の水平分布をみると南部地域で濃度が高い傾向がみられたが、発電所およびごみ焼却施設付近で高濃度となることはなかった。

一般に煙突から排出される大気汚染物質は次第に拡散し濃度が低下する。煙突から排出大気汚染物質の最大着地濃度を推定する方法として、プルーム式を用いた方法がある。推定では火力発電所から1 km 地点で最大着地濃度となったが、明確な傾向はみられなかった。

<小規模金採掘地域と南極昭和基地の大気中水銀濃度の平面分布>

南極昭和基地の大気中水銀濃度の平均値は1.38 ng/m³ (n=30) であった。平面分布をみると、電力を供給する発電機棟、大型レーダー（PANSY）用発電小屋、焼却施設付近で大気中水銀濃度が上昇する傾向を見出した。曝露期間における風向・風速（気象庁による観測データの提供を受けた）の解析を行うと、北北東風が卓越していた。大気中水銀濃度が高濃度となった地点について、風上側と風下側でパッシブサンプラーを設置したが、風上側では比較的濃度が低く、風下側で高くなる傾向がみられた。低濃度域であり、かつ周囲に人や車の往来のない場所では、ごく小規模の固定発生源からの水銀の排出も評価できることが分かった。

表1 大気中水銀濃度の分布

地点 調査月	n	暴露日数(日)	濃度 (ng/m ³)
射水市			
2022年8月	30	14	1.59
2022年11月	30	14	1.49
2023年5月	30	14	1.24
2023年7月	30	14	1.50
2023年10月	30	14	2.10
インドネシア			
2023年3月	23	1	46.2
昭和基地			
2022年1月	30	25	1.38

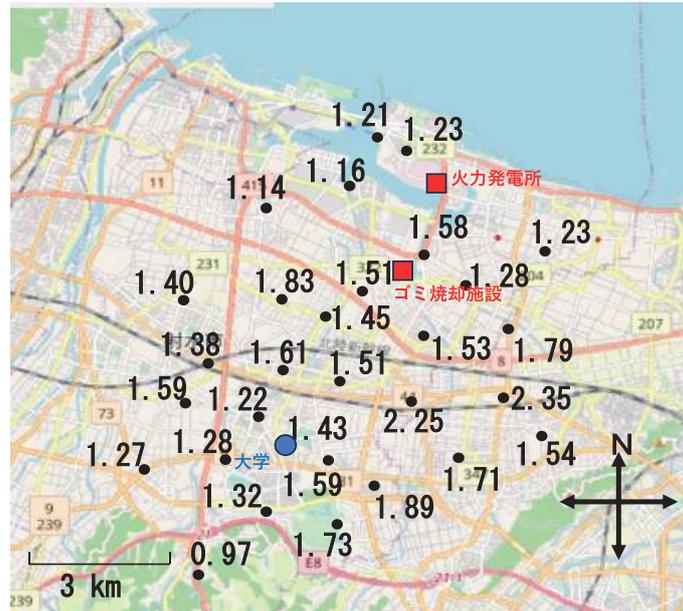


図3 射水市内大気中水銀濃度の平面分布（2023年7月）

さらに、小規模金採掘地域として、インドネシア・中央スラウェシ州パル市全域で大気中水銀濃度の平面分布を観測したところ、平均濃度は 46.2 ng/m^3 ($n=23$) であった。金製錬が行われている地区では、WHO のヒト健康のガイドラインとされる 1000 ng/m^3 程度の濃度が観測された。距離に従って大気中水銀濃度が減衰する傾向がみられた。2023年に観測した結果は2010年代と比較して低濃度であった。今後、現地の社会情勢の変化等と比較検討を行う。パル市のように ASGM 活動が行われ高濃度の大気中水銀濃度が観測される地点での大気中水銀濃度の平面分布もその活動状況におおむね一致した。

4. 今後の展望

本研究では、著者らが開発したパッシブサンプラーを用いて、射水市内で大気中水銀の平面分布を観測した。さらに、ASGM 地域、南極昭和基地での結果と比較した。射水市内での平面分布の結果からは明確な濃度の分布をみることはできなかった。今後、地点数や観測回数を検討を重ねて、濃度分布を明らかにしていく予定である。

5. 参考文献

1. 左巻健男, 世界史は化学でできている, 2021, ダイヤモンド社, 東京.
2. 小長谷正明, 医学探偵の歴史事件簿 ファイル 2, 2015, 岩波新書, 東京.
3. Nakazawa, K., Nagafuchi, O., Kawakami, T., Inoue, T., Yokota, K., Serikawa, Y., Basir Cyio-M, Elvince, R., Human health risk assessment of mercury vapor around artisanal small-scale gold mining area, Palu city, central Sulawesi, Indonesia, Ecotoxicology and

environmental safety 124 155-162, 2016.

4. K. Nakazawa, O. Nagafuchi, T. Kawakami, T. Inoue, R. Elvince, K. Kanefuji, I. Nur, M. Napitupulu, M. Basir-Cyio, H. Kinoshita, K. Shinozuka (2021), DOI: 10.1039/d0ea00019a, Environmental Science: Atmospheres.

5. 永淵 修, 中澤 暦, 井上隆信, Elvince Rosana, 川上智規, 尾坂兼一, 金藤浩司 インドネシアスマトラ島ブンクル州における極小規模金採掘・精錬地区の環境媒体中水銀濃度とそのヒト健康リスク評価 環境科学会誌, 31 (2) : 43-58, 2018.

6. 國木里加, 川上智規, 加賀谷重浩, 井上隆信, Elvince Rosana, 永淵 修. 大気中の水銀濃度の測定～パッシブサンプラーの開発～, 環境工学研究論文集 46 355-359.

7. 木下 弾, 永淵 修, 中澤 暦, 横田久里子. 自由対流圏における大気中水銀の起源と輸送経路の関係 -富士山体における観測-, 環境科学会誌 29 (6) : 275-282, 2016.

8. 中澤 暦 環境研究総合推進費 終了研究成果報告書 5RF-2003, 小規模金採掘による水銀汚染評価とその包括的リスク評価手法の構築 (JPMEERF 20205R03), 2023.

9. McLagan D.S, Mitchell C.P.J., Huang, H., Lei Y.D., Cole A.S., Steffen, A., Hung, H., Wania, F. A high-precision passive air sampler for gaseous mercury, Environmental Science & Technology letters, 2016, 3, 24-29.

10. 中澤 暦, 水銀の環境中での動態 - フィールドワークから見えてくること -, 石油学会, 2023.

11. 中澤 暦, 永淵 修, 川上智規, 大浦一貴, Isrun Nur, Basir-Cyio, Mery Napitupulu, 水銀パッシブサンプラーの沈着速度の推定とその ASGM 地域での検証, 地球化学会, 2023.

12. 中澤 暦, 永淵 修. Distribution of Atmospheric Mercury Concentration Observed at Artisanal Small-scale Gold Mining Area, 第 15 回持続可能なアジア太平洋に関する国際フォーラム (ISAP2023) , 2023.

13. Koyomi Nakazawa, Osamu Nagafuchi, Satoshi Imura, Tomoaki Watanabe, Akihiro Mitsui, Fluctuation of atmospheric mercury concentration observed at Syowa station, Antarctica during January 2022, Japan Geoscience Union, 2024.

研究題目	植物培養細胞における「休眠」二次代謝の覚醒による有用物質生産技術の開発
機関名	富山県立大学
研究代表者	工学部生物工学科・教授・野村泰治
分野	植物細胞工学、生物有機化学
キーワード	植物培養細胞、休眠二次代謝、生合成、エピゲノム

1. 研究の背景と目的

植物が生合成する多種多様な二次代謝産物は、その生物活性／薬理活性や機能性に基づいて、医薬、化粧品、香料、食品などの様々な産業分野で利用されている。技術的およびコスト的制約のため化学合成による供給が困難なものは、今でも植物体からの抽出・精製によって供給されている。しかし、日本では原料植物の多くを輸入に依存しているため、国内での安定供給維持のために植物体に依存しない物質生産法の確立が強く求められている。また、現在は環境負荷の高い化学合成によって供給されているものについても、グリーンケミストリーやSDGsの概念に準ずる環境にやさしい代替法での製造が強く求められるようになっている。

これらの課題の解決策の1つが植物培養細胞での物質生産である。しかし、植物を培養細胞化する多くの場合、植物体でみられていた二次代謝の著しい減衰・消失(=休眠)が起こるため、植物培養細胞を利用した物質生産はほとんど実用化に至っていないのが現状である。したがって、植物培養細胞において休眠した二次代謝を覚醒させる簡便かつ汎用性の高い手法を確立することができれば、植物培養細胞を用いた有用物質生産の実用化は飛躍的に進むと期待される。

培養細胞化に伴う二次代謝の休眠の根本的な原因は、生合成酵素遺伝子(群)の転写サイレンシングであると考えられる。そこで本研究では、転写調節の根幹をなす「DNA修飾」と「ヒストン修飾」に直接作用する「エピジェネティック修飾剤」を植物培養細胞に投与し、生合成遺伝子の転写を活性化することで、休眠している二次代謝を覚醒させる新たな技術を開発することを目的とした(図1)。

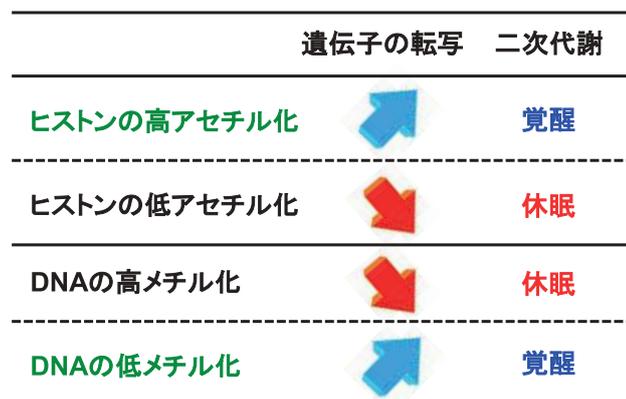


図1 本研究の作業仮説：ヒストンおよびDNAの化学修飾と遺伝子の転写および二次代謝の関係

核内において、DNAはヒストンタンパク質に巻き付いたヌクレオソーム構造をとっており、ヒストンおよびDNAの化学修飾は遺伝子の転写制御に重要な役割を果たしている。本研究では、「ヒストン脱アセチル化酵素阻害剤」および「DNAメチル化酵素阻害剤」をエピジェネティック修飾剤として投与し、人為的にヒストンのアセチル化レベルとDNAの脱メチル化レベルを上げることで、植物培養細胞において休眠した二次代謝を強制的に覚醒させることによる新たな物質生産技術を開発する。

具体的には、種々の植物培養細胞を用いた「エピジェネティック修飾剤の投与条件検討」、「覚醒誘導化合物の同定」、「生合成遺伝子の同定とエピジェネティック修飾剤投与による発現変動解析」を順次行い、エピジェネティック修飾剤投与による休眠二次代謝覚醒の実証とそのメカニズム解明を行う。

これまでに、単子葉植物であるホウライチク（タケの一種）Bm 培養細胞をモデルとした実験によって、本手法の有効性を世界で初めて発見・実証している（参考文献 1-5）。本研究では、この新たな手法の汎用性検証の一環として、双子葉植物であるタバコ BY-2 培養細胞をモデルとして実証実験を行い、双子葉植物における本手法の有効性を検証することを目的とした。エピジェネティック修飾剤の投与によって覚醒誘導された化合物の単離、構造解析を行うとともに、エピジェネティック修飾剤の投与条件の違いが当該化合物の覚醒誘導に及ぼす影響について、単子葉植物（Bm 培養細胞）との比較を行った。

2. 研究方法

① ヒストン脱アセチル化酵素阻害剤の投与

300 mL 容三角フラスコ中、ヒストン脱アセチル化酵素阻害剤として 1 mM suberoyl bis-hydroxamic acid (SBHA) を含む 100 mL の改変 LS 培地に初期細胞量が 5% SCV となるように BY-2 懸濁細胞を移植し、暗黒下、25°C で 12 日間、100 rpm にて振盪培養した。培養後の細胞を吸引ろ過により回収し、酸性含水メタノールによる抽出物を逆相系 HPLC にて分析した。

② 覚醒誘導化合物の単離および構造解析

①の SBHA 投与細胞約 170 g (フラスコ 34 本分) の酸性含水メタノールによる抽出物を濃縮、脱脂後、ODS カラムクロマトグラフィーおよび逆相系分取 HPLC に供することで、SBHA による覚醒誘導化合物 4 種を単離した。単離した化合物を質量分析および NMR (1D および 2D)、UV の各種分光学的解析に供し、化学構造を決定した。

③ エピジェネティック修飾剤の投与条件が二次代謝の覚醒誘導に及ぼす影響の検討

①の基本培養条件下、SBHA の投与濃度、投与開始時の細胞量、培養期間の各パラメーターが、②で同定した 4 種の化合物の覚醒誘導に及ぼす影響を調べた。また、SBHA 以外のヒストン脱アセチル化酵素阻害剤や DNA メチル化酵素阻害剤の投与が二次代謝の覚醒誘導に及ぼす影響についても併せて調査した。

3. 研究成果

BY-2 細胞に投与するエピジェネティック修飾剤として、筆者らが以前 Bm 培養細胞において休眠二次代謝の覚醒に成功しているヒストン脱アセチル化酵素阻害剤の一種 SBHA を使用し、二次代謝の覚醒誘導の有無を調べた。その結果、SBHA を投与した細胞において、非投与コントロールと比べて顕著に誘導されている 4 種の未知化合物が見いだされた (図 2)。このことから、

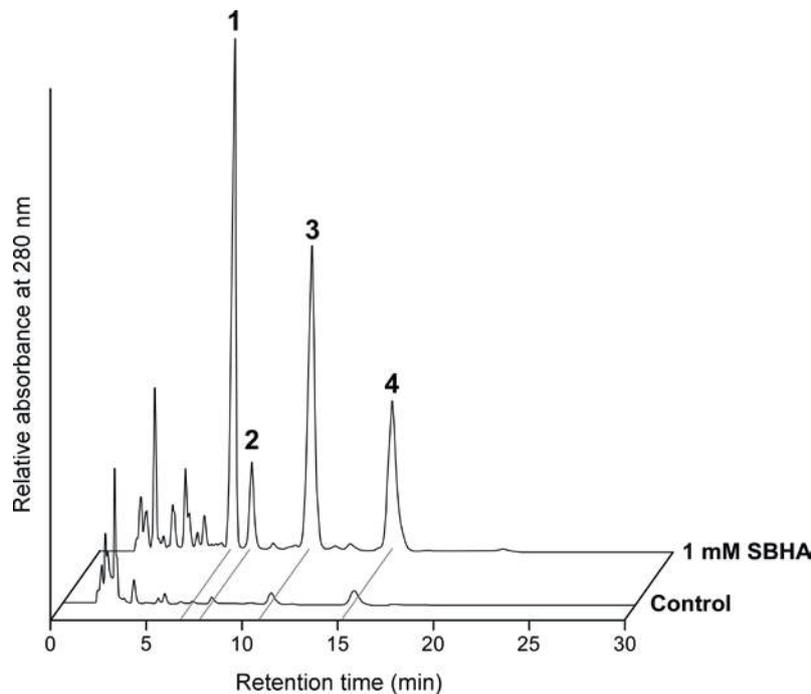


図2 ヒストン脱アセチル化酵素阻害剤（SBHA）の投与による休眠二次代謝の覚醒

SBHA 投与（1 mM）および非投与 BY-2 懸濁細胞の抽出物の HPLC クロマトグラムを示す。SBHA 非投与コントロールでは痕跡レベルの化合物 1–4 の生合成レベルが、SBHA の投与によって大幅に増大した。

エピジェネティック修飾剤の投与による休眠二次代謝覚醒法は、単子葉植物だけでなく双子葉植物も含めた植物種全般に広く適用可能な技術となる可能性が強く示唆された。

SBHA 投与細胞から覚醒誘導化合物 4 種の単離・精製を行った結果、化合物 1 が 77 mg、化合物 2 が 7 mg、化合物 3 が 61 mg、化合物 4 が 21 mg 得られた。構造解析の結果、それらはいずれもヒドロキシ桂皮酸誘導体であることが明らかとなった（論文未発表のため現時点では非公開）。このことから、BY-2 細胞においては SBHA の投与によって特にフェニルプロパノイド系二次代謝の生合成遺伝子の発現が活性化されていることが示唆された。

BY-2 細胞に 0.1~2 mM の異なる濃度の SBHA を投与し、化合物 1–4 の覚醒誘導レベルに及ぼす影響を調べた結果、細胞新鮮重量当たりの蓄積量は、化合物 1–3 は 2 mM、化合物 4 は 0.5 mM の SBHA 投与時に培養開始 1 週間前後で最大となった。以前我々が行った Bm 細胞への SBHA 投与においては、数十 μ M 程度の投与で二次代謝の覚醒誘導レベルが最大となり、それ以上の投与濃度では、覚醒誘導レベルならびに細胞の増殖レベルの大幅な減衰がみられた。これは、SBHA の細胞毒性によるものであると考えられるが、今回の実験結果から、少なくとも BY-2 細胞は Bm 細胞よりも SBHA に対する感受性が低い（細胞毒性耐性が高い）ことが示された。このことは、対象とする培養細胞ごとに休眠二次代謝覚醒のための最適なエピジェネティック修飾剤投与濃度が異なることを意味している。おそらく、投与化合物の一部が細胞内生の酵素によ

って解毒代謝されており、その解毒代謝能の違いが、投与化合物に対する感受性の差異の要因であると考えられる。

次に、SBHA の投与濃度を 1 mM に固定し、投与開始時の細胞量を 2.5~20% SCV として、化合物 1-4 の覚醒誘導レベルの違いを調べた。その結果、細胞新鮮重量当たりの蓄積量は初期細胞量が少ない方が高く、初期細胞量が高くなるにつれて減少する傾向がみられた。この結果も、投与化合物の一部が細胞によって解毒代謝されているという上記の予想を支持するものである。

続いて、SBHA 以外のヒストン脱アセチル化酵素阻害剤の投与による休眠二次代謝の覚醒誘導の有無を調べた。その結果、*suberoylanilide hydroxamic acid* や *trichostatin A* の投与によっても、化合物 1-4 の覚醒誘導が再現された。また、その際の覚醒誘導レベルは、SBHA の投与時とほぼ同等であった。このことから、当初 SBHA の投与によってみられた二次代謝の覚醒誘導は、SBHA の副次的な作用によるものではなく、ヒストン脱アセチル化酵素の阻害作用によって、生合成遺伝子の転写が活性化したことによるものであることが強く示唆された。

一方、DNA メチル化酵素阻害剤の投与では二次代謝の顕著な覚醒誘導はみられなかった。このことから、少なくとも BY-2 細胞においては、二次代謝生合成遺伝子の休眠には DNA のメチル化レベルよりもヒストンタンパク質のアセチル化レベルが強く影響を及ぼしていることが示唆された。

4. 今後の展望

SBHA 投与によって覚醒誘導された二次代謝産物の生合成遺伝子を同定した上で、SBHA 投与がそれらの転写レベルの上昇をもたらしていることを実証するとともに、複数の単子葉植物および双子葉植物の培養細胞を用いたエピジェネティック修飾剤の投与実験を引き続き進め、本技術の汎用性の検証を進めていく予定である。

5. 参考文献

1. Nomura T, Yoneda A, Ogita S, Kato Y (2021) Activation of cryptic secondary metabolite biosynthesis in bamboo suspension cells by a histone deacetylase inhibitor. *Appl. Biochem. Biotechnol* 193: 3496–3511.
2. Nomura T, Yoneda A, Kato Y (2022) BAHD acyltransferase induced by histone deacetylase inhibitor catalyzes 3-O-hydroxycinnamoylquinic acid formation in bamboo suspension cells. *Plant J.* 112: 1266–1280.
3. 野村泰治、加藤康夫 (2023) ヒストンデアセチラーゼ (HDAC) 阻害剤による植物培養細胞の休眠二次代謝の覚醒. *バイオサイエンスとインダストリー*, 81: 308–309.
4. 野村泰治、加藤康夫 (2023) 植物培養細胞における二次代謝の休眠打破：新手法の発見と意義. *生物工学会誌*, 101: 587-590.
5. 野村泰治、加藤康夫 (2024) 植物培養細胞における休眠二次代謝の新たな覚醒法の発見 ～エピゲノムの改変による物質生産～. *化学と生物*, 62: 67–75.

研究題目	保育施設における室内外空気中微生物の 遺伝子解析
機関名	富山国際大学
研究代表者	現代社会学部 現代社会学科・教授・高橋ゆかり
分野	室内環境学
キーワード	室内空気、微生物、遺伝子解析

1. 研究の背景と目的

大気中には、細菌、真菌、花粉などの生物由来の粒子であるバイオエアロゾルが浮遊している。バイオエアロゾルは、土壌、淡水、植物、動物の糞、ヒトから放出されることが知られている。また、これらがヒトの健康に影響を及ぼすものと考えられている [Makoto Seki, 2024]。

一方、幼児のアレルギー疾患は増加しており、カビとアレルギー疾患の関連が指摘されている [吉野博、柳宇、大竹徹ほか, 2018]。この原因の1つに室内環境の影響が考えられるが、保育施設の室内空気中に存在する微生物の詳細な実態や、空中細菌群集構造の季節変動についての情報は十分ではない。このような理由から、室内空気中におけるバイオエアロゾルの実態を把握することは大切であると考えられる。

そこで本研究では、幼児が昼間の大半を過ごす保育施設における室内外空気中の真正細菌および真核生物の実態を把握することを目的とし、室内外空気中の微生物の遺伝子解析を行った。

2. 研究方法

2.1 試料採取方法

富山市内の3か所の保育施設において、2023年7～8月（夏季）と12月（冬季）の2回、いずれも室内2か所と屋外1か所においてバイオエアロゾルを採取した。メンブレンフィルターを装着したミニポンプ（MP-Σ300NII、柴田科学）を用い、3.0 L/minの流量で24時間空気を採取することにより試料を得た。捕集後の試料は、アルミホイルに包んでクーラーボックスに入れて実験室に持ち帰り、DNA抽出まで-20℃で保管した。また、データロガ（MCH-383SD、マザーツール）を用いて室内の温湿度および二酸化炭素濃度を測定した。さらに部屋の使用状況や一日の活動についてのアンケート調査を実施した。

2.2 抽出・分析方法

採取した空気試料からFastDNA SPIN Kit for Soil (MP Biomedicals) を用いてDNAを抽出した。これらの抽出DNAについて、真正細菌の16S rRNA遺伝子と真核生物の18S rRNA遺伝子を標的としたポリメラーゼ連鎖反応(PCR)によって増幅した。その後、次世代シーケン

サー (Illumina MiSeq) と解析ソフトウェアを用いて菌叢の網羅的解析を行った。

3. 研究成果

3.1 温湿度の測定結果

室内の温湿度環境を測定した結果、夏季における試料採取時間中の平均室温は、25.8～29.6℃であった。平均気温が高かった保育室は、園児が帰宅した後の夜間に室温が上昇したことによるものであり、保育時間中は、ほぼ 29℃以下に保たれていた。冬季における試料採取時間中の平均室温は、16.9～19.3℃であった。平均気温が低かった保育室は、園児が帰宅した後の夜間に室温が低下したことによるものであり、朝の園児の登園時間帯から室温は上昇し、保育時間中はほぼ 17℃以上に保たれていた。平均相対湿度は、夏季で 53～69%、冬季で 40～48%であった。

換気状況の指標である CO₂ 濃度の一日の平均値は、夏季で 468～873ppm、冬季では 592～803ppm であった。

3.2 細菌群集構造

富山市の保育施設における室内空気中の細菌群集構造を解析した結果を図 1-1～1-3 に示した。門レベルでは、Proteobacteria 門、Firmicutes 門、Actinobacteriota 門が優占しており、これらはすべての室内試料から検出された。細菌の組成は、他のバイオエアロゾル研究の結果と類似した傾向を示した [Daisuke Tanaka, 2019] [Tay Ruiz-Gil, 2020]。3 園とも、夏季には Proteobacteria 門の割合が高くなる傾向が見られた。夏季の室内では、これらに次いで Fusobacteriota 門の割合が高かったが、冬季の室内では、いずれの室内も Fusobacteriota 門よりも Bacteroidota 門の割合が高かった。また、屋外では室内よりも Cyanobacteria 門の割合が高かった。

綱レベルでは、Gammaproteobacteria 綱、Bacilli 綱、Alphaproteobacteria 綱、Actinobacteria 綱などが優占していた。屋外と室内、夏季と冬季では、異なる傾向が見られた。

属レベルでは、Streptococcus 属、Enhydrobacter 属、Staphylococcus 属、Roseomonas 属などが室内試料から特徴的に検出された。Burkholderia 属の細菌は、夏季にはすべての室内外試料から検出されたが、冬季には検出されなかった。

このように、室内外の両方の試料から検出された細菌もあったが、室内試料からはヒトの常在菌も認められ、室内空気中には屋外から流入した細菌とヒト由来の細菌の両方が存在していることがわかった。本研究で対象とした 3 園について、夏季と冬季の細菌類の結果を比較すると、季節によって群集構造が異なっており、冬季の方が、多様性が高い傾向が見られた。

一方、室内外空気中の真核生物を解析した結果を図 2-1～2-2 に示した。門レベルでは、

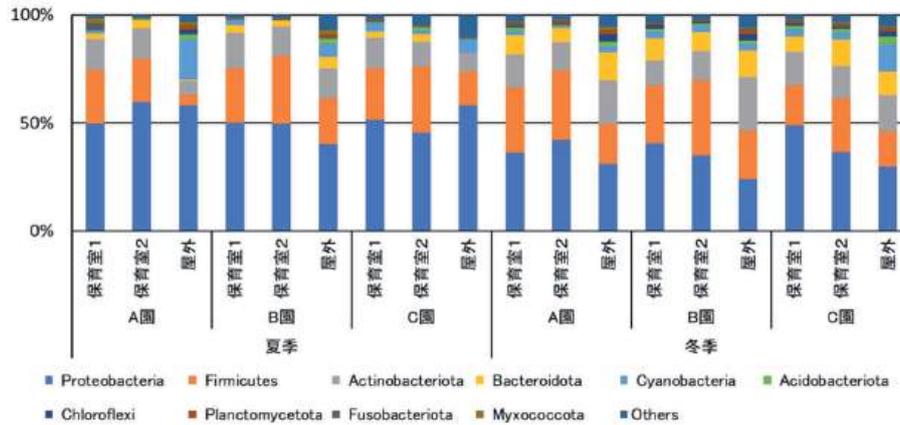


図 1-1 室内外試料中の真正細菌の門レベルによる分類

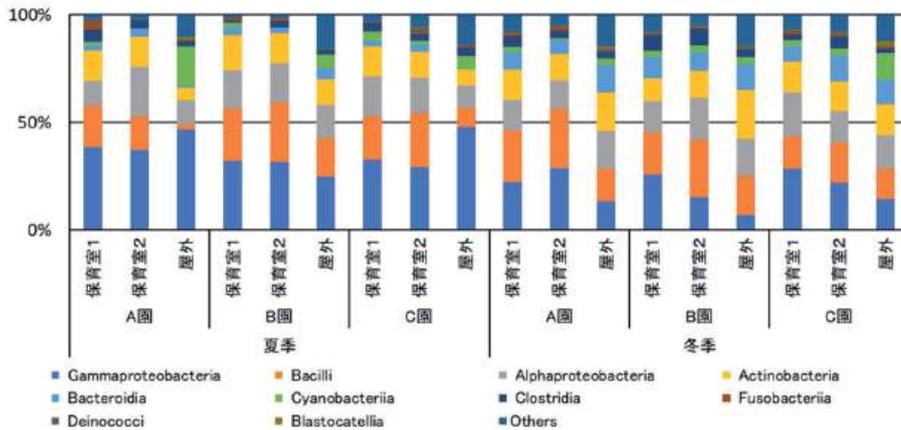


図 1-2 室内外試料中の真正細菌の綱レベルによる分類

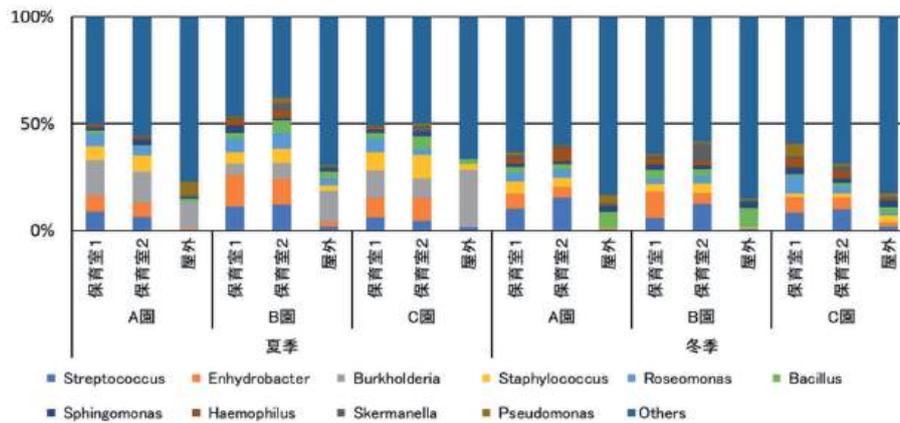


図 1-3 室内外試料中の真正細菌の属レベルによる分類

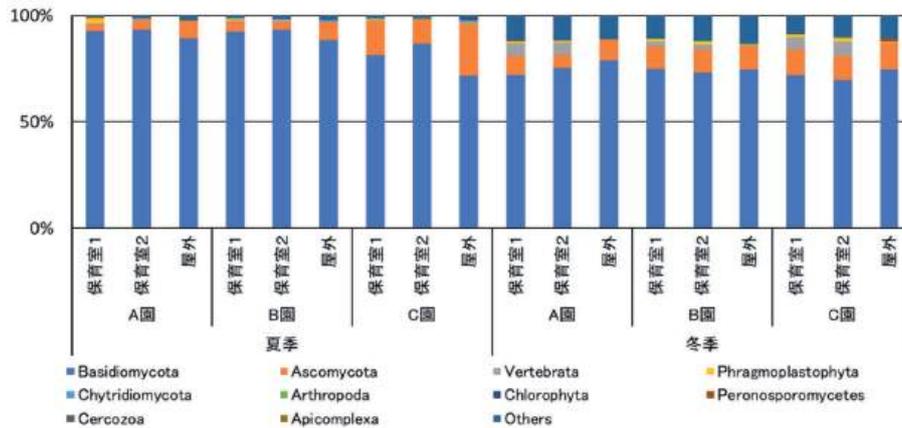


図2-1 室内外試料中の真核生物の門レベルによる分類

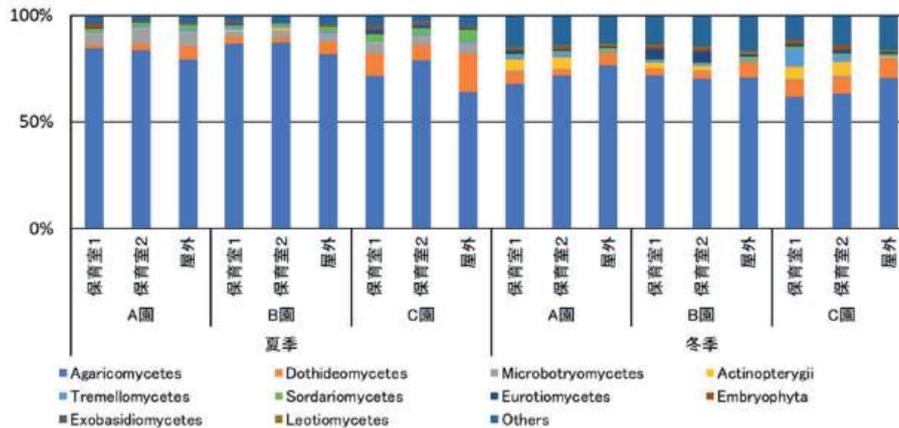


図2-2 室内外試料中の真核生物の綱レベルによる分類

Basidiomycota 門が優占しており、夏季の室内試料の 81.6%以上、冬季の室内試料の 69.6%以上が Basidiomycota 門の真核生物であった。綱レベルでは、Agaricomycetes 綱が優占しており、夏季の室内では 71.5～87.2%、屋外では 64.0～81.6%、冬季の室内では 61.8%～71.9%、屋外では 70.4～76.5%を占めていた。真核生物は、屋外と室内で似たような傾向を示したことから、室内から検出された真核生物は、屋外から流入するものが多いと考えられた。本研究で対象とした 3 園について、夏季と冬季の真核生物の結果を比較すると、夏季よりも冬季において若干多様性が高い傾向が見られたものの、細菌類ほどの差は見られなかった。また、真核生物も季節によって群集構造が異なることを認めた。

4. 今後の展望

本研究では、富山市内の市街地の保育施設における微生物群集について調査した。子どもが室内で生活する際に、感染の原因となる可能性のある微生物を低減するため、本研究で得られたデ

ータを詳細に解析することや、さらなる調査により、保育施設における生活パターンと検出される微生物との関連を明らかにしていくことが今後の課題である。また、室内の微生物には、屋外から流入するものも多い。細菌群集は、周辺の土地（農地、郊外、森林）などによって異なるものと考えられることから、保育施設における微生物群集の地域による差異を明らかにすることも今後の課題である。

5. 参考文献

- Daisuke TanakaSato, Motoshi Goto, So Fujiyoshi, Fumito Maruyama,Kei. (2019). Airborne Microbial Communities at High-Altitude and Suburban Sites in Toyama, Japan Suggest a New Perspective for Bioprospecting. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 1-11.
- Makoto SekiTanaka, Shinichi Yonemochi, Ki Ho Lee, Young Ju Kim, Reika Iwamoto, Kei Sato, Daisuke TanakaHitoshi. (2024). Spatial variation of airborne bacterial heterogeneity and potential opportunistic human pathogens:a comparative study of sites in Korea and Japan. *Aerobiologia*.
- Tay Ruiz-GilJ. Acuna, So Fujiyoshi, Daisuke Tanaka, Jun Noda, Fumito Maruyama, Milko A. JorqueraJacqueline. (2020). Airborne bacterial communities of outdoor environments and their associated influencing factors. *Environment International*.
- 柿川真紀子、岩坂泰信、小林史尚、牧輝弥。(2010)。バイオエアロゾルのメタゲノム解析。 *Earozoru Kenkyu*, 29-34.
- 吉野博、柳宇、大竹徹ほか。(2018)。中国都市部における住宅内空気環境と児童のアレルギー性疾患との関連性についての調査。 *日本建築学会環境系論文集*, 293-300.

研究題目	ある中山間地域の情報を集約するWebサイトを通じた地域活性化の要因の探索
機関名	富山国際大学
研究代表者	現代社会学部 現代社会学科・准教授・豊岡理人
分野	社会学
キーワード	中山間地域、地域活性化、データ駆動型

1. 研究の背景と目的

中山間地域とは、農林水産省のウェブページによると「農業地域累計区分のうち中間農業地域と山間農業地域を合わせた地域」とされており、全国の耕地面積の約4割を占めている¹。農林水産省の委員会資料によると2020年の時点の人口推移と将来予測に於いて30年後に人口が半減する危機的な状況である²。富山県においても2015年から2045年の人口減少率が県全体では23%減に対して中山間地域は39%と県全体と比較し人口減少の進行が早いことが予測されている³。

この急速に進行する中山間地域の人口減少に対して富山県は県外への施策として関係人口の増加や地域おこし協力隊の県内定着率向上を目指している³。このような対外的な施策の実施にはSNSやWebページによる情報提供を通じた富山県のイメージ向上が重要と考えられるが、その際に発信される情報は富山県やその中山間地域が発信したいイメージや潜在的な受信者に受け容れられると発信者が考える情報が発信される。一方で、その地域がネガティブだと考える情報（不便な交通、大雪および古い家屋等）の発信は比較的に少なく、発信される情報にバイアスが生じていると考えられる。近年では一般的にネガティブと考えられる情報についても一定のファン（例えば廃墟マニアや廃道マニアなど）が存在し、それらのファンが現地を訪問し情報発信した結果一般の人たちが現地訪問する動きなどもYouTube動画で散見される。これは地域から発信される情報とその地域に魅力を感じる不特定多数の人々が欲する情報にミスマッチが生じている可能性を示唆しており、本研究では富山県の特定の中山間地域を対象に画像や動画を含む豊富な地域情報を提供するウェブサイトの開発並びに各種SNSを利用した情報発信をポジティブなものやネガティブなものを問わず実施し、それらのログデータを分析することで、人々に効果的に波及するコンテンツを特定し、中山間地域の新たな魅力をデータドリブンで発見することを目指した。

2. 研究方法

研究対象の中山間地域は、富山県富山市の小見地区、および、その周辺地域（本宮、粟巣野、亀谷、芦峠寺周辺）とした。対象の選択理由として、当該地域は2021年に富山県の中山間地域チャレンジ支援事業⁴に採択され、スマートフォンを用いた情報発信のためのSNS活用講習会を開催し、さらに、2022年には県内外の情報技術者と当該地域住民が一緒になって地域の魅力発信となりうるアプリケーションやウェブサイトを作るイベント「富山市里山ハッカソン in 小見」

が開催される⁵など地域住民が情報発信に興味を持っていたことが挙げられる。この地域は、スキー場や有峰湖を有しており、スキーブームや有峰ダム建設に従事する労働者の流入によって繁華な地域であったが、スキーブームの終焉並びに電源開発終了後は当該地域からの人口流出が止まらず、この地域の唯一の小学校である小見小学校の全校生徒は2023年度現在12人となっており、地域住民の人口減少・少子高齢化が顕著なことから地域活性化・関連人口の増加が急務な状況である。従来からある観光資源としては大山観光開発が運営する立山山麓スキー場およびNPOあわすのが運営するあわすのスキー場、百間滑や龍神の滝、立山山麓家族旅行村、立山大橋、まんだら遊苑、立山博物館、立山カルデラ砂防博物館、本宮砂防堰堤、亀谷温泉、有峰ダムなどがある。

本研究では地域との関係や情報発信の了解を得るために4月20日および5月16日に4地区（亀谷、有峰、本宮、栗巣野）の地区長の会合に参加し、プロジェクトへの協力要請および後述するウェブサイトやブログへの投稿方法について説明を行った。また、8月から富山国際大学3年の学生2名と立山周辺を周り、投稿する内容の収集を開始した。

情報発信はプル型（閲覧者が情報を能動的に取りに行く）メディアとして、独自ウェブサイトおよびFacebookを開設した。独自ウェブサイトは最終的には地域住民で自主的に運用可能なようにカスタマイズや機能追加が容易なサイト作成サービスであるWix.comを利用した。また、プッシュ型（閲覧者が情報を受動的に受け取る）メディアとして、X(旧Twitter)、Instagram、YouTube、TikTokのアカウントも作成した。投稿期間としては2023年8月～2024年3月までに写真および動画をテキストやハッシュタグと併せて投稿した。また、FacebookおよびInstagramでは、日本語に加えて英語とベトナム語でも同時に情報発信した。

3. 研究成果

3.1. 作成した独自ウェブサイトおよびその訪問者数

「富山市里山ハッカソン in 小見」で作成されたサイト（サイト名「ただいま！小見」、URL：<https://tadaimaomi-146cf.web.app/>）をベースとし、これにSNSへのリンクなどを付加し作成した。当該サイトの構成は、「トップページ」、「地図ページ」、「ブログ機能」より成る。「トップページ」（図1左）には「ブログ機能」で書き込んだ最新の内容やSNSから投稿内容を配置し、「地図ページ」（図1右）には住民自らがスマートフォンを持ち当該地域で気になったものを感情の分類（“なつかしい”、“わくわく”、“すばらしい”、“いつもの”）と共に投稿した内容を地図上にマップして表示する機能を持たせた。「ブログ機能」は、Wix.comの標準機能を用い、「地図ページ」はノーコードツールのglideで入力した内容をgoogleスプレッドシート上に保存し、その内容をgoogle map上に表示することで実現した。

研究期間において「ブログ機能」を用いて11回記事を投稿したが、結果としてこのウェブページはほぼ視聴されなかった。具体的には、「ブログ機能」には訪問者数や訪問者が良いと思った内容に“いいね”を表示する機能があるが、訪問者数の最高は12、“いいね”の数の最高は2であった。

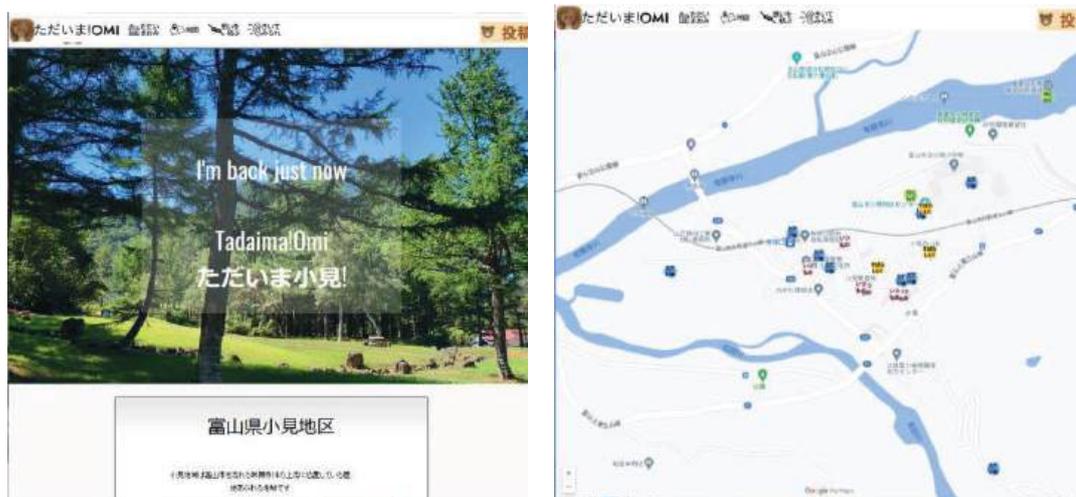


図1 作成したウェブサイト
(左)トップページ (右)地図ページ

3.2. SNS のフォロワー数および投稿への反応

SNS としては Instagram、Facebook、TikTok、YouTube、X にアカウントを作成（表1）し、投稿を開始したが TikTok については人的、時間的リソースが足りず継続を初期の段階で断念した。また、X のアカウントは 2024 年 1 月に管理者より突然アカウントが凍結され、新規の投稿が出来なくなった。また、この影響により X のフォロワー数およびフォロー数が 0 と表示され、データ取得が出来なくなった。

表1. 作成したアカウントの URL 一覧及びフォロワー数※

サービス名	URL	フォロワー数※	投稿数
Instagram	https://www.instagram.com/tadaima_omi/	47 名	67 件
Facebook	https://www.facebook.com/tadaimaomi/	0 名	52 件
TikTok	https://www.tiktok.com/@tadaimaomi	0 名	2 件
YouTube	https://www.youtube.com/@tadaima-omi/featured	2 名	10 件
X	https://x.com/TadaimaOmi	不明	58 件

※ 各サービスのアカウントをフォローするユーザーの名称が異なるため、ここではフォロワー数と呼称する。

最も視聴回数が少なかった SNS メディアはプル型メディアである Facebook であり、ほぼ視聴・ブラウザされなかったと良い。プッシュ型メディアのアカウント(X、Instagram 等)に独自ウェブサイトおよび Facebook への URL リンクを付与し導線を作成したが全く奏功しなかった。一方で、最も視聴回数が多かった SNS メディアは X であり、視聴回数が 250 回程度視聴される

ものが複数散見された。また、Xではある投稿内容に対して何らかのアクションを取った数として Engagement 数という指標があるが、250 回程度視聴された投稿であっても Engagement 数は5以下であることがほとんどであり、視聴されてもアクションが取られることは少なかったことを示している。一方、Instagram は、ある投稿がリーチしたユーザー数は20人前後であるがプロフィール画面へのアクセスやプロフィール画面に掲載したリンクをクリックした数は5人ほどおり、SNSによっても視聴者の行動が異なることが示唆された。

次に、コンテンツ内容から新しい観光要素を抽出する可能性についてであるが、コンテンツ内容は当該地域からみえる立山連峰の景色や本宮砂防堰堤、紅葉の時期の有峰湖、あわすのスキー場でのスキーの様子、地域で行われたイベント(雪板製作、民俗資料館での講演会の感想、ツリーイング、熊への対処法への講習会)等のポジティブな内容に偏り、当初の目的のようにネガティブな投稿内容も含む多様性のある投稿が出来なかった。

4. 考察および今後の展望

最も視聴回数が少なかったメディアはプル型メディアである独自ウェブサイトおよび Facebook であり、ほぼ視聴・ブラウズされなかったと見て良く、一方で、最も視聴回数が多かったコンテンツは X への投稿であった。また、各 SNS サービスで視聴者の行動の違いが見られ各サービスの適性に合った投稿をすることで視聴数や Engagement 数を向上させる可能性が示唆された。しかし、各 SNS サービスの視聴者の特性に応じて投稿内容を変えることは人手が不足する中山間地域において実施することは困難であるため、情報発信する SNS サービスを少なくする、または、SNS に応じた細かい発信方法や発信内容を変えたりはせず同様の内容を情報発信することが現実的である。

次に情報発信した内容については、内容が自然や景色に偏り、その投稿内容に多様性を持たせることが出来なかった。この低い多様性の原因の第一は動画投稿者である私の地域への理解不足である。これについては本研究で収集した当該地域の民俗研究会の会誌の内容をまとめて発信し、地域イベントへの参加等により情報コンテンツを収集することで、ポジティブな内容の情報発信の増加が見込まれる。一方で、SNS での情報発信についてはオンタイムでの情報発信が特に重要であることが分かった。例えば、スキー場で週末にイベントが開催された際に土曜日に投稿が行われなければ視聴者は日曜日にそのイベントへの参加が出来なくなる。よって、SNS を用いた情報発信の有効活用には地域おこし協力隊のように地域密着し情報発信に専念できる人員の確保が重要と考えられる。当該地域でも専任の人員確保のために地域おこし協力隊の募集を行ったが、それに対する応募がなかったと聞いており、中山間地での人員確保の難しさを感じさせる出来事もあった。

ネガティブな情報の情報発信が積極的に出来なかった原因については、地元住人でない立場からネガティブな情報(例えば、潰れた廃屋や老朽化し半壊したホテル、雪の少ないスキー場、動物に荒らされたゴミ、死んだ猿の頭蓋骨など)を発信することへの心理的な負荷や投稿により発生する社会的ハレーションの可能性に対する当該地域住民への責任の忌避感情が挙げられる。

このようなネガティブな情報の発信は地域の同意または地域メンバーとの深い信頼関係を基盤にした情報発信が必要であるが、研究期間の初期に 2 回実施した説明会で各地区の長の了解は得られてもその地域住民の了解を得たと言いき、より時間をかける必要があると考えている。

情報発信そのものについても、地元住民であっても全員が情報発信や関係人口増加の必要性を感じておらず、必要性を感じる住民であっても仕事などで時間が取れないといった要因もあり、そのような観点からも地域住民と密にコミュニケーションをとりながら情報発信を行う専任の人員の必要性を強く感じた。今後は、より地域住民の信頼が得られるように理解促進を図るとともに継続的に情報発信を続けながら、新たな地域の魅力発見につながる活動を継続していく予定である。

5. 参考文献

1. 中山間地域等について. 農林水産省. <https://www.maff.go.jp/j/nousin/tyusan/>, (2024年6月12日参照)
2. 橋詰. 農業集落の変容と将来予測. 農林水産省第5回国土の長期展望専門委員会. <https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001326771.pdf>, (2024年6月12日参照)
3. 本県中山間地域を取り巻く最近の動き. 富山県. <https://www.pref.toyama.jp/documents/30161/03shiryo1.pdf>, (2024年6月30日参照)
4. 令和3年度中山間地域チャレンジ支援事業 採択地区概要. 富山県. https://www.pref.toyama.jp/documents/27125/r3_saitaku_gaiyou.pdf, (2024年6月28日参照)
5. 「富山市里山ハッカソン 2022in 小見」を開催. Code for Japan. 2023年2月20日. <https://www.code4japan.org/news/hackathon-toyama-2022>, (2024年6月29日参照)

研究題目	富山の地域文化を伝えるための日本語と英語の比較修辞学研究
機関名	富山国際大学
研究代表者	現代社会学部 現代社会学科・准教授・M. フランク
分野	比較文化学
キーワード	レトリック・地域・酒造り・英語

1. 研究の背景と目的

この研究の目的は、英語を利用して地元の文化、特に富山県の酒造文化を表現する新しい方法を探ることでした。文化は既存の資料から翻訳されるのではなく、まず経験を通じて表現されるべきであるという前提に基づき、研究者と学生たちは富山県の12の酒蔵を訪れ、広範なインタビューを行いました。このデータベースから、英語を母語とする人々が新しい知識を理解し、評価できるように伝える方法が考察されました。

2. 研究方法

研究の前半では、基本的なフィールドリサーチモデルが使用され、研究者は各酒造所向けに可能な質問のリストを作成し、学生はインタビューのためのアポイントメントを取り、訪問前に各酒造所の背景調査を行いました。学生はマイクの配置など基本的なインタビューテクニックや、ドキュメンタリー写真撮影技術を学びました。

調査の後半では、インタビュー資料の書き起こしと注釈を行い、異文化修辞学的方法を使用して英語に翻訳することに焦点が当てられました。特に、各情報セットが源文化（日本）と対象文化（英語圏）との間のスペクトラム上でどの位置にあるかを考慮しました。同時に、日本語と英語の日本酒に関する文書のコーパスが編纂され、表現と焦点の違いが特定されました。日本語の日本酒に関する文章は、共通の文化要素を想起させる、非常に文脈依存のものであるのに対し、英語の文章はより動的で独創的であり、広範な表現形容詞を使用する傾向があります。言い換えれば、日本語の日本酒文章が日本酒と飲み手の間に絆を創り出そうとする一方で、英語の文章は製品を優先し、それに対する説得力のある主張を試みています。

データベースから、ジャンルのニーズに応じてさまざまな宣伝資料を作成できると考えられます。例えば、同じデータベースから短いパンフレット、ポスター、カード、看板などを生成することができます。

3. 研究成果

この研究からは、三つの主要な成果が得られました。第一に、インタビューの過程で、富山の日本酒文化に関する多くの側面が明らかになりましたが、それは英語でも日本語でも他のどこにも書かれていないものです。個々の酒造所のプロフィールは一般的に見られますが（富山や北陸でもそうです）、特定の地域の多くの酒造所を対象とした比較研究は比較的珍しいものです。最も興味深い点は、このような比較から得られました。例えば、ある酒造所は消費者の好みに合わせて新製品を迅速に作り出すことに注力している一方、他の酒造所は現代のトレンドに影響されることなく伝統的なスタイルの日本酒を作り続けることを好んでいます。同様に、日本酒用の米の使用には二つの哲学があります：富山で栽培された米のみを使用する（他の県と比べて品質が特に優れているわけではないが）、または全国から最高の米を調達する。この研究では、この点に関して富山の酒造業者の間で鋭い対立があることが分かりました。

この研究の第二の主要な成果は、酒造りのような地域文化のどの部分が国際的な英語を話す消費者にとって最も重要または興味深いかを特定することでした。これまでの富山の日本酒に関する英語の資料は、ほとんどが日本語の資料をそのまま英訳したものでしたが、これは対象となる文化のニーズを考慮していません。基本的に、英語を母国語とする人々にとって日本酒の魅力は、日本の消費者にとって興味深いものとは全く異なります。さらに、知識の基盤も完全に異なります。この研究は、英語話者向けに強調すべき日本酒文化のポイントを特定し始めており、既存の資料を直接翻訳するのではなく、実際の体験に基づいた新しい資料の作成が必要であることを示しています。

この研究の第三の成果は、日本文化を英語で表現する際の包括的アプローチの重要性と、文化を一貫した方法で伝える手段としての「ストーリーテリング」の必要性を強調することでした。日本語と日本文化に対する生来的な比喩的理解を持たない人々、すなわち日本に住んでいない英語話者には、表面的な知識だけでなく、源文化を深く理解するための機会を提供するために、コンテキストが豊富で没入感のある文化のバージョンを提供する必要があります。

4. 今後の展望

この研究は富山の酒造業者に焦点を当てましたが、その方法と成果モデルは、あらゆる伝統工芸や文化に適用することができます。実際、この研究を富山の稲作や農業、富山のガラス製造に関する類似の英語データベースと結びつけることは有益です。これらは日本酒造りと密接に関連しているためです。このようにして、読者や訪問者が完全に没入できる「バ

「一チャルリアリティ」の文学版を構築することができます。文脈を提供することで、日本酒のような製品はより価値があり、より魅力的になります。日本酒市場（あるいは一般的に地元産品市場）を拡大する最良の方法は、個々の製品だけでなく、文化そのものに意味を付与することです。

将来的には、成果物の他の活用方法も検討する必要があり、英語圏の日本酒愛好者やファンへのニーズも考慮する必要があります。

この研究全体を通じて、異文化修辞学の研究と地域文化の研究を結びつけることの価値が明らかになりました。将来の研究では、地域文化の体験に関する外国語テキストを作成する際に、対象文化と源文化の関係にも焦点を当てることができます。

5. 参考文献

1. Ashcraft, B. (2020). *The Japanese sake bible*. Tuttle.
2. Connor, U. (2011). *Intercultural rhetoric in the writing classroom*. The University of Michigan Press.
3. Miyake, M. (2007). *Contrastive rhetoric in Japanese and English writing*. Fukuro Publishing.

研究題目	ケアマネジメント実践におけるヤングケアラー支援の検討
機関名	富山国際大学
研究代表者	子ども育成学部 子ども育成学科・教授・相山馨
分野	ソーシャルワーク
キーワード	ヤングケアラー支援、ケアマネジメント、介護支援専門員

1. 研究の背景と目的

わが国の要介護高齢者数は、今後急速に増加していくことが見込まれている。2000年の介護保険制度の導入により「介護の社会化」が進んだものの、その内容は必要とされているケアのすべてをカバーできるものではなく、家族が一部のケアを担うシステムとなっており、ケアを必要とする人が家族内にいる場合、それを担うケアラーが存在しなければならない。近年では、「老々介護」や「認認介護」「老障介護」、「生産年齢者の介護離職の増加」等、家族介護をめぐる課題が顕在化している。また、疾病の慢性化・複雑化による高齢者以外の要介護者も増加傾向にあり、これまでケアには無縁であった人がそれを担うようになった。従来、家族介護の担い手は配偶者や子、子の配偶者等の大人との認識がされてきたが、近年、家族のケアを担っているヤングケアラーの存在が指摘されるようになった。当然のことながら、ヤングケアラーが存在する根本原因として要介護者の増加があげられるが、その背景には、世帯構造の変化やひとり親家庭の増加による家庭自体の介護力の低下がある。そしてそこには、家族のケアが必要になった時に、介護の役割を子どもが担うことで、なんとか家族機能を維持することが可能になっているという実状もある。

しかし、ヤングケアラーの問題は子ども自身の成長・発達、学びへの影響だけでなく、本来、守られるべき「子どもの権利」の視点からも危惧されており、次世代を担う子どもたちが必要な支援を受けて、健康的な生活を送ることができるようにしていくことが重要である。わが国では2000年頃からヤングケアラー研究がはじまり、2010年以降に心理や教育、福祉、介護、看護の分野で調査研究が行われ、存在割合やケア対象、ケア内容、当事者の認識等が明らかにされつつある。最近ではメディアによってもヤングケアラー自身の体験談やNPO法人による支援の取組が紹介されるなど、ヤングケアラーに対する関心が高まっている。

2022年度に富山県は、県内におけるヤングケアラーの傾向を把握し、今後の施策に反映させることを目的として、ヤングケアラー実態調査を実施している。この調査は2022年度に実施された全国調査と同様に県内すべての中学2年生、高校2年生を対象として、全国調査との比較を通して富山県のヤングケアラーの生活の状況や家庭、家族の状況について把握するとともに、ヤングケアラーの自覚や認知度について確認したものである。その結果、富山県ではヤングケアラーによるケアを必要としている家族が「いる」割合は、中学生では5.5%（18人に1人）、高

校生では 4.2% (24 人に 1 人) とクラスで 2 名程度であり、全国調査とほぼ同様の結果が示されている。ケアの対象者は、全国調査では中高校生ともに「きょうだい」の割合が最も高く、「父母」「祖父母」と続いているのに対し、富山県では中学生が「父母」「祖父母」「きょうだい」が同割合で高く、高校生は「父母」が最も高い状況にあった。また、「父母」には中学生が「感情面のサポート」を、「祖父母」には高校生が「外出のサポート」や「通院の付き添い」をしている割合が高く、ケアのスキルが必要である場面が多くあると考えられる。ケアをしている頻度としては「ほぼ毎日」が最も高く、中学生は 32.4%、高校生が 39.0%といずれも 3 割以上を占め、ケアをすることが日常になっているヤングケアラーが一定数いることが明らかとなった。1 日のケアの時間は、中高校生ともに「3 時間未満」の割合が最も高いものの、「7 時間以上」という回答もあり、負担が大きく、ケアによるストレスが生じている事例もあると考えられる。そして、「誰かに相談する悩みではない」「相談しても状況が変わるとは思わない」といった理由から、ケアについて相談した経験がない中学生が 7 割以上、高校生が 5 割以上を占めており、全国よりも悩みごとを聞いてくれる人がいるという中高生が著しく少ない状況であることから、他者に相談することもなくケアを抱え込んでしまっている可能性が高いと考えられる。この結果から、富山県でのヤングケアラーへの支援を行うにあたっては、教育をはじめとして、福祉、介護、医療等といった様々な分野が連携し、潜在化しがちなヤングケアラーをアウトリーチにより早期に発見し、子どもの気持ちに寄り添い、本人の話を聴き、関係をつくっていくこと、また、関係機関・団体などが連携し、切れ目のない支援を行うこと、地域におけるヤングケアラーの支援体制を整備するとともに、効果的な支援方法の共有を進めていくことが大切であるといえる。

このような中、第 9 期介護保険事業（支援）計画の基本指針（厚生労働省 2024）においても、ヤングケアラー支援が位置づけられ、その支援方法であるケアマネジメントの中核を担っている介護支援専門員には、家族による介護負担の軽減や関係機関の連携が求められるようになった。しかし、その支援の重要性が強調されながらも具体的な実践内容につながる議論が進んでいないとはいえない。また、2022 年 9 月に富山県内の介護支援専門員のヤングケアラー支援に関する認識を明らかにするための調査を実施した結果から、「子どもとして過ごせるように支えたい」「孤立を防ぎたい」とヤングケアラー支援に対する前向きな認識が多くあがった一方で、実際の場面でどのように関わったらよいかかわからず、介入に対して不安をもつ介護支援専門員が一定数おり、社会的には介護支援専門員によるヤングケアラー支援が期待されているものの具体的な支援方法がわからないために消極的になっているという実状も明らかになった。このような課題に対応する上で、介護支援専門員が実践しているヤングケアラー支援を可視化し、効果的な支援方法を見いだしていくことはとても重要なことであると考えられる。

ケアマネジメントは地域生活支援の視点から要介護者のニーズと適切な社会資源を結びつける方法である。わが国のケアマネジメントは介護保険制度に依拠し、介護支援専門員を中核として支援が展開されてきた。介護支援専門員はケアを必要とする本人だけではなく家族も含めて支援する相談援助職である。その支援は、「インテーク」「アセスメント」「支援計画の立案」「支

援の実施」「モニタリング」「終結」といったケアマネジメントプロセスにそって実施される。また、介護支援専門員には自宅等へ訪問し、家の状況や本人・家族の状態を定期的に把握したり、アウトリーチによりケア対象者や家族が自身の課題（ニーズ）に気づき、権利を行使できるように働きかけていったりする業務特性があることから、ヤングケアラーかもしれない子どもと出会い、様子をみたり話を聴いたりすることができる職種である。これは、学校の先生とは大きく異なる点であり、介護支援専門員のケアマネジメントにはこのような特性を生かした固有の支援があるのではないかと考えられる。そこで、本研究では、ヤングケアラーがケアをしている対象者の担当介護支援専門員の実践を通して、ケアマネジメントにおける効果的なヤングケアラー支援を明らかにする。

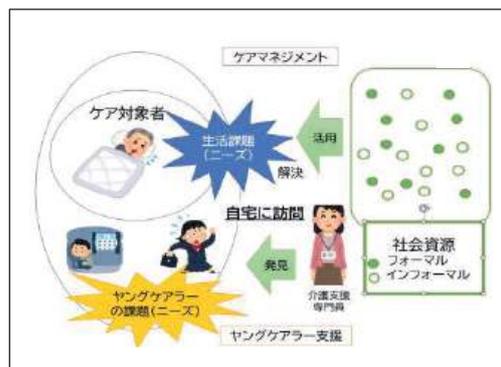


図1 ケアマネジメントとヤングケアラー支援

2. 研究の視点と方法

本研究では、富山県内でヤングケアラーに関わった経験がある介護支援専門員 6 名（基礎資格:社会福祉士 4 名、介護福祉士 2 名）を対象にヒアリングを実施した。ケア対象者への支援プロセスにおいて介護支援専門員がヤングケアラーと関わると考えられる「アセスメント」「支援計画の立案」「支援の実施」の各局面での支援内容に着目し、どのような支援内容があるのか、また支援の実施後にヤングケアラーにどのような変化が生じたのかを把握した。結果の分析は、ヤングケアラー支援の研修に参加している経験年数 5 年以上の主任介護支援専門員（スーパーバイザー） 6 名により実施した。

〈倫理的配慮〉

本研究は日本社会福祉学会研究倫理指針を遵守するとともに富山国際大学倫理審査委員の承認を得て実施した。調査対象者には研究の主旨や目的、自由意志による参加、プライバシーの保護、目的以外にデータを使用しないこと等について説明し、書面にて同意を得た。

3. 研究成果

(1) 事例の概要

介護支援専門員が関わった 6 事例におけるヤングケアラーは小学生 2 名、中学生 2 名、高校生 4 名の計 8 名である。そのうちの 1 事例においては、小学生、中学生、高校生の計 3 名が協力してケアを実施していた。家庭内でのケアラーの位置づけとしては、主介護者を支える第 2、第 3 のケアラーとして関わっていたのが 7 名、主介護者として関わっていたのが 1 名であった。ヤングケアラーがケアをしている対象者は、曾祖母 1 名、祖母 1 名、父 4 名であり、ケア対象者の要介護度は、要介護 5 が 4 名、要介護 4 が 1 名、要介護 2 が 1 名であった。主な疾病等については、筋委縮性側索硬化症（ALS）が 2 名、認知症が 1 名、脳梗塞後遺症が 1 名、脊柱管狭窄症が 1

名、糖尿病・閉塞性動脈硬化症（下肢切断）が1名であり、ヤングケアラーは、見守り、声かけ、食事介助、排泄介助（オムツ交換含）、入浴介助、着脱介助、車いす介助、認知症のBPSDへの対応、吸痰・胃瘻のケア、人工呼吸器の管理、「重度障害者用意思伝達（コミュニケーション）装置」活用のサポート、訪問入浴の補助、服薬管理、調理、配膳、書類作成等のADL、IADLに関するケアや医療的管理等と多様なケアを行っていた。

（2）調査の結果

ヒアリングで得られたデータをKJ法の手順を参考に、局面ごとに類似するカテゴリーに分類し、分析した。その結果、まず「アセスメント」の局面においては、「信頼関係づくり」「話を聴く」「個別化・ストレングス視点」「ヤングケアラー自身の課題（ニーズ）」「介護負担・介護に関する課題（ニーズ）」「家族の関係性」の6つのカテゴリーに分類された。「信頼関係づくり」では、介護支援専門員はヤングケアラーとの関係の構築に努め、関係がつかれるように関わり方を押し量りながら接し、ヤングケアラーに負担がかからないようなコミュニケーションの工夫を行っていた。「話を聴く」では、ヤングケアラーから話があった時にはその機を逃さず話を聴く、ヤングケアラーに寄り添うといった受容の姿勢を大切にされた対応が行われていた。「個別化・ストレングス視点」では、ヤングケアラーを個別に捉え、年齢や性格、好きなこと、得意なこと、興味・関心があること等のストレングスを把握していた。「ヤングケアラー自身の課題（ニーズ）」では、障がいの有無・登校状況（不登校）・虐待等、そのヤングケアラー自身が課題を抱えている本人であるかどうかの把握が行われていた。「介護負担・介護に関する課題（ニーズ）」では、ヤングケアラーが担っているケアの内容とそれに対する負担度や負担感、ヤングケアラー自身のケアに対する思い（あたり前になっていないか、やりたくないが仕方なくやっているか、やらされているか等）、ケア役割やケアを行う上で抱えている課題を把握していた。「家族の関係性」では、ヤングケアラーとその他の家族（ケア対象者を含む）との関係性、家族のヤングケアラーに対する思い、不登校などの課題に対する思いやその背景など、家族関係やヤングケアラーを取り巻く家族状況の把握が行われていた。中には、家族に遠慮して言いたいことが言えないといったつらさを抱えているヤングケアラーもあり、家族の関係性に配慮した対応が行われていた。このようなことから、介護支援専門員はアセスメントの局面において、ヤングケアラーの置かれている状況や周囲との関係性やつながりを捉えながら、ヤングケアラーが話せる関係をつくるとともに、ヤングケアラー自身が抱えている課題（ニーズ）を捉え、必要な支援を見いだすための要因分析を行っていると考えられる。「支援計画の立案（プランニング）」の局面では、「支援計画（ケアプラン）への記載」としては、ヤングケアラーが担っているケアをケア対象者のケアプランに位置づける、位置づけることによってヤングケアラーがそのケアを実施しなければならないことからあえて位置づけないといった2つの対応がなされていた。「支援計画（ケアプラン）に記載されている『支援内容』」では、「介護負担の軽減」と「レスパイト」の2つのカテゴリーに分類された。「介護負担の軽減」では、この課題（ニーズ）に対応する方法として配食サービス、訪問介護、訪問看護、通所介護、福祉用具貸与、福祉用具の購入、居宅療養管理指導、地域包括支援センターの訪問、民生委員の訪問の導入が手立てとしてあげられていた。「レスパ

イト」では、短期入所生活介護、短期入所療養介護、医療機関へのレスパイト入院が支援としてあがっていた。いずれも、ケアラーをサポートする手立てであるが、支援計画はケア対象の計画書であり、ケア対象者本人やその他の家族の合意を得て確定していくものであることから、介護支援専門員は家庭の経済状況やヤングケアラーの個別の状況、課題（ニーズ）に合わせて、配慮しながら支援計画を作成しているといえる。

「支援の実施」の局面においては、「声をかける」「話を聴く」「ヤングケアラーへの個別支援」「多職種・多機関連携によるチームアプローチ」「家族システムに着目した支援」の5つのカテゴリーに分類された。「声をかける」では、顔をみたら声をかける、あいさつ、ヤングケアラーに合った声かけ、何気ないコミュニケーション、ヤングケアラーが話したくなさそうな様子の場合には立ち入らないといったそのヤングケアラーへの適切な関わりを意識した支援が行われていた。「話を聴く」では、ヤングケアラーの話を機を逃さずに聴く、ヤングケアラーから話せるように工夫するといったヤングケアラーが話しやすい状況をつくって聴く、といった支援があり、アセスメントの局面よりもより積極的な姿勢での関わりが見受けられた。「ヤングケアラーへの個別支援」としては、ヤングケアラーの不安を軽減するためのサービス提供やライン等を活用しての緊急時の対応、困っていることの相談、他の家族との役割分担による介護負担の軽減、オムツ介助の方法や認知症の BPSD への対応等の適切なケア方法の指導、ヤングケアラーの親へのサポート等、実際の支援では、個々のヤングケアラーに必要な支援が行われていた。「多職種・多機関連携によるチームアプローチ」では、ケア対象者の支援に関わっている多職種・多機関がヤングケアラーやその家族の状況を理解して、共通認識をもって関われるように情報共有に配慮していた。チームとして連携しながら個別の支援体制をつくったり、学校や市町村担当部署、経済的支援を提供できる機関につないだりと連携を意識した対応が行われていた。「家族システムに着目した支援」としては、家族がお互いに与え合っている影響を意識しながら、そのつながりや役割、ヤングケアラーの家族に対する遠慮や家族間ストレス等を把握して、バランスをとって対応していた。この局面では、介護支援専門員によるヤングケアラーへの個別課題（ニーズ）に合わせた支援が行われ、介護支援専門員のヤングケアラーに対する直接的な支援、他の支援者につないだり連携したりしながら対応するチームを生かした支援、家族状況を理解し、家族全体を捉えた上でのヤングケアラー支援が行われているといえる。

そして、「介入後のヤングケアラーの変化」では、まず、ヤングケアラーにとって負担になっているケアに対して介護サービスを導入したり、サービス利用時間を工夫したりと、介護サービスを適切につなげたことによってヤングケアラーの介護負担が軽減したこと、緊急時対応の体制をつくったことによって何かあった時に連絡できるという安心感をもつことができるようになったことや、介護サービスの定期的な訪問が導入され、頼れる人がいると思えるようになり介護に対する不安が軽減したこと、夜間介護の負担が軽減し、睡眠時間が確保でき生活リズムの乱れが解消して体調が整ったこと等、すべての事例においてヤングケアラー自身の身体的・精神的負担の軽減に関する変化を把握することができた。また、中には、スクールカウンセラーやスクールソーシャルワーカーとつながり、学校に居場所ができたこと、関わる市町村担当者が自分の

ことを考えてくれる人であることが理解でき、自分から相談することができるようになったこと、ヤングケアラーの引っ越し後の転校手続きができておらず不登校になっていたが介護支援専門員による手続きのサポートによって校区内の学校に転校できるようになり不登校が解消したこと等の、ヤングケアラーと周囲とのつながりに関する変化が見受けられた事例もあった。そして、専門職の助言により調理のコツがわかり楽しく

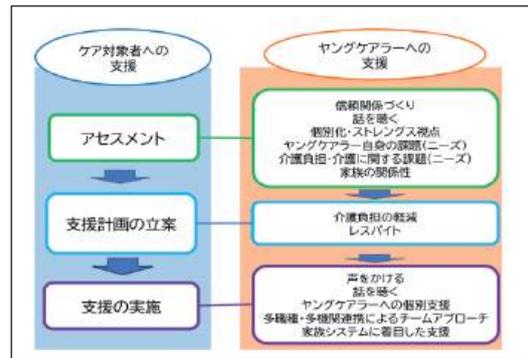


図2 ケアマネジメントプロセスにおけるヤングケアラー支援

なったことから調理師を目指すようになった、高校卒業後に介護福祉士の専門学校に進学することになった等の将来の目標に関すること、専門職の介護指導により介護技術が身に着いた、手際よく介護できるようになったといった介護技術が向上したこと等、ヤングケアラーがケアを担うことによって得られた知識や技術を自身の将来に生かすといった前向きな変化もあった。このようなことから、介護支援専門員のケアマネジメント実践は、ヤングケアラー支援に効果を発揮できるものであると考えることができる。また、ケアマネジメントは、ヤングケアラーの課題（ニーズ）に対応できる一つの支援方法であることが示唆された。

(3) 考察

調査の結果、介護支援専門員が担当するケア対象者に対して行うケアマネジメントの「アセスメント」「支援計画の立案」「支援の実施」の局面において効果的なヤングケアラー支援を展開できることを確認した。この実践は、ケア対象者の家族への支援として行われることになるが、ヤングケアラーへのアプローチの視点で整理すると、まず、介護支援専門員が自宅を訪問しケア対象者の家族としての子どもと出会い、ケア状況を把握する中でヤングケアラーの存在に気づき、ヤングケアラーとの関係をつくりながら関わり、話を聴きヤングケアラーの課題（ニーズ）を捉え、課題解決に向けて適切な対応を行うといったヤングケアラーに対する直接的な支援、また、必要な支援機関につなぎ、連携してその機関からヤングケアラー対応を行うといった間接的な支援で行われていた。これは、ケアマネジメントの直接サービス機能と間接サービス機能の両方の機能が発揮されている支援であると考えられる。

このようなことから、ケアマネジメント実践における効果的なヤングケアラー支援とは、まずそのヤングケアラーに合った関わり方を見つけてそれをコミュニケーションに生かし、関係をつくることあげられる。この関係があることによってヤングケアラーは自分から話すことができ、支援者である介護支援専門員は話を聴くことができるのである。これをスムーズに実施するには、介護支援専門員の相談援助職としてのコミュニケーション力や面接技法が必要になると考えられる。また、ヤングケアラーを家族介護者としてみるのではなく、課題（ニーズ）をもつ個人として捉えることが重要である。ヤングケアラーが抱えている困難はケアに関するだけでなく、様々な要因が関連していることから、課題の背景を把握し個別に対応することが求められる。その際には、家族システムの視点に基づき家族の関係を理解し、ヤングケアラー自

身の望みや可能性に目を向けてヤングケアラーの将来を見据えて支援する必要がある。そして、つなぐ支援としてケアマネジメントのアプローチの一つである多職種・多機関連携を生かすことがあげられる。ケアマネジメントは課題（ニーズ）に適切な社会資源を活用する支援方法であり、介護支援専門員は個々の課題解決に必要な支援機関や職種と連携して、共通理解を図りながらチームで支援する。その支援チームはヤングケアラーにとっては心強い個別の支援体制となるだけではなく、頼れる存在としてつながり続けることにより、ヤングケアラーの孤立を防ぐことができると考えられる。

4. 今後の展望

本研究では、ケア対象者への支援プロセスにおいて、介護支援専門員が特にヤングケアラーと比較的頻回に関わると考えられる「アセスメント」「支援計画の立案」「支援の実施」の一連のプロセスでの支援内容に着目し検討した。しかし、より確実にヤングケアラーを把握する上では、定期的に長期間に渡って関わり続けることができる「モニタリング」の局面も含めたヤングケアラー支援について検討を行うことが必要である。

効果的にヤングケアラーへ支援を展開する上で、対人援助専門職としてのコミュニケーション力やアセスメント力が不可欠であることが明確になった。今後は、介護支援専門員が不安なく積極的にヤングケアラー支援に関わることができるような「ヤングケアラー支援に向けた演習プログラムの作成」に着手したい。また、ヤングケアラーのケアは18歳になった後も続く場合があり、その課題（ニーズ）は進学や就職、キャリア形成、仕事と介護の両立、人生設計等に関わって変化していくことが考えられる。18歳以上になっても支援が途切れることがないよう若者ケアラーも含めた切れ目のない支援を展開できるケアマネジメント実践についてさらに検討していきたい。

5. 参考文献

1. 濱島淑恵（2021）『子ども介護者－ヤングケアラーの現実と社会の壁』 KADOKAWA
2. 濱島淑恵（2022）「ヤングケアラーの現状とケアマネジャーの役割」『達人ケアマネ』Vol.16 No.3 日総研出版
3. 澁谷智子（2022）『ヤングケアラーってなんだろう』 筑摩書房
4. 斎藤真緒（2023）「ヤングケアラー支援の課題」『教育と医学』 No.816 慶応義塾大学出版会
5. 富山県（2023）「令和4年度ヤングケアラーに関する実態調査の結果（報告書）」
(<https://www.pref.toyama.jp/documents/40265/r4yangukeara-zentaiban.pdf>,2024.3.31)
6. デイビット P. マクスリー著 野中猛・加瀬裕子監訳（1994）『ケースマネジメント入門』中央法規
7. 白澤正和（1992）『ケースマネジメントの理論と実際』中央法規
8. 白澤正和（2018）『ケアマネジメントの本質－生活支援のあり方と実践方法』中央法規

9. 一般社団法人日本ケアラー連盟（2018）「若者ケアラーとは」
（<https://carersjapan.com/about-carer/young-adult-carer/>,2024.3.31）
10. 相山馨（2012）「高齢者の地域生活支援におけるケアマネジメント実践シートの作成」『ケアマネジメント学』第10号 日本ケアマネジメント学会
11. 相山馨（2023）「介護支援専門員のヤングケアラー支援に関する認識と今後の課題－効果的な支援の展開－」『日本認知症ケア学会誌』Vol.22-1 日本認知症ケア学会

研究題目	文学の読みの授業における「語り」の概念の獲得
機関名	富山国際大学
研究代表者	子ども育成学部 子ども育成学科・講師・岩崎直哉
分野	教育学
キーワード	国語科教育 読むこと 語り

1. 研究の背景と目的

本研究は、小学校の国語科とりわけ物語文を読むことの学びに焦点を当てている。子供たちは、小学校6年間で30編近い作品と出会い、国語科授業において、教室で読み合う経験をする。では、果たして、どのように学年段階に応じて物語を読む力は養われていくのだろうか。また、教師はどのようにして学年に応じた指導の仕方を変えていけばよいのだろうか。

無論、学習指導要領には、低・中・高学年という段階に応じて、それぞれの資質・能力が明記されている。これに沿って国語科教科書が編纂され、教育現場での実践は行われる。しかし、そもそも物語作品そのものが、読みの力の系統性を意識されて創作されたものではない。「ある作品を読めたから、次の作品を」という具合に積み上げを単純化することはできない。読みの力が養われていく内実を探るには、教室で実際に起こっている、それぞれの学習者の読みの現象を捉えていくしかないと考える。

読みの段階をおおよそ系統化したものに、読みのスタンス論がある。小学校低学年では、物語の世界に入り込む「参加者のスタンス」の読みが優位であり、高学年では物語を外側から眺める「見物人的スタンス」の読みが優位になることが、先行研究により示唆されている(山元、2005)。「参加者のスタンス」とは、読み手が物語世界に入り込んだり、登場人物に成りきったりして、一緒に物語を体感するような読み方である。いわば〈内の目〉を導入して、物語に参加することから、「なる読み」とも言われる。一方、「見物人的スタンス」とは、読み手が物語世界の外側から、登場人物の関係や物語の構造などを俯瞰するような読み方である。これは〈外の目〉を導入して、物語を眺めることから、「みる読み」とも言われる。

この「参加者のスタンス」(なる読み)から「見物人」(みる読み)へという変容を意図的に起こしていくことで、学習者の読みの力は確かに形成されていくものと考えられる。

山元は「学習者のテキストに対するスタンスは、加齢に伴って、参加者のなものから見物人的なものへと変容する。見物人的なスタンスを獲得することによって、テキスト内容を対象化することが可能になる。」として、「「きつねの窓」「おにたのぼうし」に対する小学生の反応の分析において、主として小学校中学年以降で〈見物人のスタンス〉に立った反応が可能になり、テキストの全局を見通した上での意味づけができるようになるという知見が得られた」とする。山元に依れば、中学年は読み方において過渡期にあたりと考えられ、この時期に学習者の文学の読み方がどのような質的な変化を起こすのかを考察することは、小学校段階で読みの力がどのように養われるかという内実を明らかにするための重要な手掛かりとなるだろう。それは、国語科にお

ける物語の授業の在り方について大いなる指針をもたらすものとする。そこで、本研究では、小学校中学年における物語の授業に特化して研究を進めることにした。

中学年の読みの学習を分析するうえで、主眼に置いたのが「語り」概念の獲得についてである。「参加者のスタンス」から「見物人的スタンス」の読みへという変容は、新たな読みの方略を獲得していることを意味するが、それは語りを読むことにかかるところが大きいと考えるからである。近年、文学の読みの授業において、語りの概念に着目した研究は、さまざまな形で報告されるようになった。しかし、実践のレベルではまだまだその有効性が浸透せず、実際の国語教室では「語り」に対する共通理解が進んでいないように思われる。

土方（2010）が、教育実習を終えた学生から、古典の時間に扱った『源氏物語』の地の文の主体を〈語り手〉と言ったら、担当教員に「〈作者〉といいましょうね」と指導されたという報告を受けたことを紹介している。土方は「指導された先生は、たぶん〈作者〉のことを〈語り手〉と呼ぶのは最近の流行のようなもので、そういう言い方は生徒を混乱させるだけだから使わない方がいいと判断されたのかもしれませんが。」と推し量っているが、この出来事は「語り」概念をめぐる読みとその指導に関しての現場の混乱、困惑を象徴している。「語り手」と「作者」という概念は、全くの別物であり、語り手を想定して読むことは作者を想定して読むこととは全く違った読みの営みである。

無論、この出来事の後には、高等学校学習指導要領（平成30年告示）「第2章 第4節 文学国語」において、「語り手」が明記されるようになったことを考慮すれば、2024年現在ではここまで露骨な認識の誤りはないにしても、いまだに「語り」をめぐる学習デザインの構築は一般化されていないように思われる。

中学校あるいは小学校の学習指導要領では、「語り手」に関する記述は未だに見当たらないものの中学校の教科書にも、小学校の教科書にも学習の手引きや巻末の付録などにおさえたい学習用語としての「語り手」が明記されている。例えば、2024年度から使用されている小学校教科書三社では、すべて3年「モチモチの木」の単元において「語り手」を明記し、次のように定義づける（表1）。

表1 各教科書会社 「語り手」の定義

光村図書（3年下）	物語の地の文を語る人。人物の行動や気持ち、場面の様子などを語りながら、話を進めていく。
	語り手がどのような立場で、どの登場人物によりそっているかをたしかめると、その物語の世界をいっそう深く味わうことができる。（p.164）
東京書籍（3年下）	物語の中で、地の文を語る人。
	語り手はだれで、どんな立場からどのように語っているのかを考えてみると、物語の世界をより深くとらえることができる。（p.150）
教育出版（3年下）	物語の中で地の文（会話文以外のところ）を語る人のこと。（p.143）

このように「語り手」を定義し、学習用語としての定着を図る試みは、上記のような現場での混乱・困惑を解消する一助となるだろう。ただし、用語を明記したからといって、直ちに学習者に「語り」概念が獲得されるわけではない。佐藤（2018）は、語りに着目する読み方について「実際に語りに着目して読むことを体験し、他者と読みを交流して互いの読みを理解し合っこそ身につく読みの方略」だとする。「語り」概念獲得の鍵は、用語としての指導ではなく、実際の読みの体験にある。では、どのような体験を重ねることで「語り」概念が身に付いていくのだろうか。

丹藤（2022）は「語り手が十分に理解できているとはいいがたい」理由として「語りを実体的に把握するからである」と述べる。丹藤は、「言語論的転回」を要請し、テキストを作者から自立した言語表現として、意味生成に目を向けるためには、「語りを実体化するのではなく、語り一語られるという関係性を捉える必要」があり、「機能としての語りの効果や使用をとらえることが肝要である。」とする。「語り一語られる」関係を捉えるということは、「語り手の意味づけを読者が意味づけていく行為」であり、いわば「解釈の解釈」（丹藤：2018）というメタレベルの読みである。そのように考えれば、メタレベルの読みの体験を通してこそ、次第に「語り」概念が獲得されていくと言える。

以上の点を踏まえて、本研究は中学年教室で行われる物語を読み合う授業を観察し、学習者の読みの過程を意味づけた。学習者が「語り」概念を獲得していく様相を捉えることで、どのような学習デザインが必要なのかを考察した。

2. 研究方法

本研究では、小学校中学年段階とりわけ、小学校3年における「語り」概念の獲得に着目した。上記で示したように、教科書において「語り手」という学習用語が初出するのは「モチモチの木」においてである。「モチモチの木」は、いずれも3年の下巻に配置される。特に光村図書の教科書では年間5回ある物語単元の最後に置かれ、1年間で身に付けた読みの力を総動員することが期待される。では、「モチモチの木」以前の単元ではどのような読みの体験を積み重ねておけばよいだろうか。本研究では、「モチモチの木」を含めたそれ以前に配置される3つの物語単元に焦点を当て、「語り」あるいは「語り手」という用語が指導される以前の学習者の読みの実態を観察することにした。

研究協力学級（小学校3年）において、物語を読む授業を1年間（3単元：全22時間）にわたり参観させていただき、データを収集した。

- 参観時期：2023. 6.1-6.13 （全6時間） 単元名：「まいごのかぎ」
- 参観時期：2023. 10.12-10.26（全9時間） 単元名：「ちいちゃんのかげおくり」
- 参観時期：2024. 2.15-3.6 （全7時間） 単元名：「モチモチの木」

授業ビデオによる教員の授業行為と学習者の学習行為、ICレコーダによる学習者の音声データ、また学習者のノートやワークシートの記述から学びの過程を分析した。ビデオカメラは、教師や黒板、学習者が映るような全体を記録するものと、着目したい学習者を記録するものの2台を用意した。また、ICレコーダは学習者にペアで1台ずつ配置し、グループでの対話やつぶやきを記録した。音声データは、必要な部分を随時トランスクリプトし、分析の資料とした。

3. 研究成果

ここでは、二つ目の単元「ちいちゃんのかげおくり」についての研究の成果を示す。

「ちいちゃんのかげおくり」（作：あまきみこ）は、小学3年の教科書（光村図書）において昭和61年度版から採録される。戦時下、空襲によって家族と引き離されながらも必死に生き抜こうとした「小さな女の子」＝ちいちゃんの姿が描かれる物語である。物語のあらすじを以下に示す。

【「ちいちゃんのかげおくり」あらすじ】

お父さんが出征する前の日、ちいちゃんは「かげおくり」という遊びを覚えてもらう。家族で空に写した影は、さながら「記念写真」としてちいちゃんの記憶に刻まれる。その後、戦況は悪化し、お兄ちゃんとかげおくりを楽しんでいた空は、爆撃機のやってくる「こわいところ」に変わる。空襲から逃れる最中にお母さんとお兄ちゃんからはぐれてしまったちいちゃんは、孤独や飢餓に耐えながら、何日もの間、二人の帰りをじっと待っていた。体の変調を覚えたちいちゃんの耳に聞こえたのは「かげおくりのできそうなぞらだなあ」というお父さんの声。お母さんやお兄ちゃんの声も聞こえる。つられるように立ち上がってかげおくりをしたちいちゃんは、ふと体が軽くなり、一面の空色の花畑にいた。空の上で家族と再会したちいちゃんは、きらきらした笑顔で走りだす。こうして小さな女の子の命が空に消えた場所には、その後公園ができていて、幼い子供たちが青空の下、今日もきらきらした笑顔で遊んでいる。

ちいちゃんは、家族との思い出のつまったかげおくりをしながら死んでいく。読み手は、ちいちゃんに同化しながら、家族と再会するちいちゃんの喜びに寄り添いもするし、一方で、死を通してしか家族と再会できなかったちいちゃんの状況を悲しみもするだろう。

石丸（2010：23）は、この作品における大人読者のブックレビューと子供読者の初発の感想を比較して、次のように述べる。

物語の登場人物＝当事者の立場から共感的に読んだり、登場人物や事件を客観的に判断しながら読んだりすることが複雑に組み合わされながら読書行為は進められていくのであるが、子供たちによる「ちいちゃんのかげおくり」というテキストの読みにおいては前者が勝ってい

ることが特徴として挙げられる。

ここで言われる「前者」とは、すなわち、参加者のスタンスであり、後者は見物人的スタンスに当たる。3年生の学習者の多くは参加者のスタンスが優位であり、ちいちゃんに寄り添い、共感することで物語の世界を捉えていく。大人読者と子供読者の反応の違いが最も顕著に表れる要因は、作品の山場＝ちいちゃんが空の上で家族に再会する場面（4場面）にあるが、この場面について、子供読者は「ちいちゃんは最後に家族と会えてよかった」というものが多い。ちいちゃんの命が失われるこの場面において、語り手は終始明るい色調で、ちいちゃんの行動や情景を描写する。4場面は、以下のように描写される。

【「ちいちゃんのかげおくり」4場面】

明るい光が顔に当たって、目がさめました。
「まぶしいな。」
ちいちゃんは、暑いような寒いような気がしました。ひどくのどがかわいています。
いつのまにか、太陽は、高く上がっていました。
そのとき、
「かげおくりのよくできそうな空だなあ。」
というお父さんの声が、青い空からふってきました。
「ね。今、みんなでやってみましょうよ。」
というお母さんの声も、青い空からふってきました。
ちいちゃんは、ふらふらする足をふみしめて立ち上がると、たった一つのかげぼうしを見つめながら、数えだしました。
「ひとつ、ふたあつ、みいっつ。」
いつの間にか、お父さんのひくい声が、重なって聞こえだしました。
「ようっつ、いつうつ、むうっつ。」
お母さんの高い声も、それに重なって聞こえだしました。
「ななあつ、やあっつ、ここのうつ。」
お兄ちゃんのわらいそうな声も、重なってきました。
「とお。」
ちいちゃんが空を見上げると、青い空に、くっきりと白いかげが四つ。
「お父ちゃん。」
ちいちゃんはよびました。
「お母ちゃん、お兄ちゃん。」
そのとき、体がすうっとすきとおって、空にすいこまれていくのが分かりました。
一面の空の色。ちいちゃんは、空色の花ばたけの中に立っていました。見回しても、見回しても、花ばたけ。

「きっと、ここ、空の上よ。」
 と、ちいちゃんは思いました。
 「ああ、あたし、おなかがすいて軽くなったから、ういたのね。」
 そのとき、向こうから、お父さんとお母さんとお兄ちゃんが、わらいながら歩いてく
 るのが見えました。
 「なあんだ。みんな、こんな所にいたから、来なかったのね。」
 ちいちゃんは、きらきらわらいだしました。わらいながら、花ばたけの中を走りだしま
 した。
 夏のはじめのある朝、こうして、小さな女の子の命が、空にきえました。

「一面の空の色」「空色の花ばたけ」「きらきらわらいだしました」などの明るい描写に着目す
 ることで、3年生の学習者の多くがちいちゃんに同化し、家族に会えてうれしい、よかったとい
 う感情をちいちゃんと共有する。

それに対して、大人読者の多くは「悲しい」という感想を抱く。この相違を石丸は「切なさ」
 を抱くかどうかの違いに見いだしている。家族との再会によって、ちいちゃんの喜びが語られて
 はいるが、それが現実の死に近づいていることを読者は分かっている。それは、暗さの中にある
 明るさによって暗さを一層引き立たせる効果を生み出している。石丸は、大人読者の読みがこの
 ような「暗中明」の構造に依っている」として、「明るい描写を明るいものとして読んでいる子
 供読者はこの構図を捉えにくい」と述べる。言い換えれば、大人読者は〈見物人〉の目を導入し
 ているからこそ、そのような構造を捉えることができると言えるだろう。だからこそ、中村(2001)
 の指摘するように、「現実の世界」と「幻(想)・幻覚の世界」という対比を通し、死んでしか家
 族に会えない、「ちいちゃん」の悲
 劇性の理解、悲惨な戦争の本質を理
 解させる授業が多く展開されてき
 たのだと考えられる。「ちいちゃん
 のかげおくり」とりわけ4場面の構
 造は、〈参加者〉及び〈見物人〉両様
 のスタンスを読者に求めるもので
 あり、「テキストの〈視点〉の仕掛
 け」を持つものである。

本研究では、以上のような構造を
 有する「ちいちゃんのかげおくり」
 の4場面を教室で読み合うとき、
 「語り」という概念を指導されてい
 ない3年生が、どのように読み深め
 ていくのかを検討する。表2に示す

表2 単元計画

第1時	「ちいちゃんのかげおくり」を読んで感想を伝え合う。
第2時	単元を貫く学習課題を把握する。
第3時	物語の設定を捉える。
第4時	1・2場面のちいちゃん絵日記を書く。
第5時	1場面から、家族でかげおくりをした日、ちいちゃんは、お父 さんの出征を分かっていたのかを考える。
第6時	2場面から、ちいちゃんが、どれほど寂しかったのか(怖かつ たのか、悲しかったのか)を考える。
第7時	3・4場面のちいちゃん絵日記を書く。
第8時	3場面から、ちいちゃんの家族への思いについて考える。
第9時	4場面から、ちいちゃんは家族に会えたのかを考える。
第10時	4場面と5場面を比べて、失われなかったのが何かを考える。
第11時	「ちいちゃんのかげおくり」を読み、感想をまとめ、伝え合う。

単元計画の第9時における学習の過程を分析した。授業者は参観学級の担任教諭である。

授業者は、これまでの学習過程から、学習者の間には「家族と会えた／会えなかった」という二つの捉えがあることを見抜いていた。そこで、第9時では「ちいちゃんは家族と会えたのですか。それとも、会えなかったのですか」という問いを提示した。

課題の把握段階から、授業終盤までの一連の発話を分析することで、抽出した学習者Hsがテキストを対象化することで読みをつくっていく様相が捉えられた。当初は、次のようなペアでの対話から分かるおとり、明確に自分の読みを言語化することができなかった。(以下、／／は同時発話を表し、＝は連続発話を表す。)

1Hs え、でも天国で会えたから。だから、生きてる間に会えたわけじゃないから

2Tk あの、体は、体は仮想、の体

3Hs ちいちゃんがまだ生きてるときに会ったわけじゃないから、でも、うーん、一応天国で会えたってことだから、

4Tk 天国というより、空の上って言った方がよくない？やっぱり

5Hs ああ、なんか、

((中略))

6Hs 生きとる間にあったわけじゃないから、本当に＝

7Tk ＝一応、／／会ったは会ったけど、というか、現実世界では会ってない。

8Hs ／／一応、会ったは会った

3Hs のように言いよどみつつ、「会ったは会った」という言葉でTkと、一応見解を一致させている。この後、HsはTkとのペア対話を重ねたり、全体での対話を重ねたりしながら、次第に自分の読みを明確にしていく過程が観察された。

Hsが自分の読みを明確にしていく過程には、ちいちゃんの知覚表現(視覚表現／聴覚表現)への着目があることが分かった。詳細は省くが、全体での対話で次のような発話が記録された。

【視覚表現への着目】

40Hs MsさんとMyさんに付け足しで、「わらいながら歩いてくるのが見えました」だから、あの一、ちいちゃんの目には、教科書の絵では真っ黒だけど、ちいちゃんの目には、「わらいながら歩いてくるのが見えました」だから、笑っている顔とかが見えたってことだから、だから、あの、あと、ちょうど3人そろったから、だから会えたと思った。そこが会えたと思った。

【聴覚表現への着目】

65Hs いえ、青い空から降ってくることはあまりないから、教科書にはそう書いてあるけど、

でも、このお話の中では青い空からちいちゃんの耳には聞こえたのかもしれないし、でも、教科書に書いてあるだけで、ちいちゃんが青い空から降ってきている感じがしているだけで、ちいちゃんの心にはそう聞こえただけかもしれない。

40Hs は、「教科書の絵では真っ黒だけど、ちいちゃんの目には、「わらいながら歩いてくるのが見えました」だから(…)」と、語りを明確に相対化している。65Hs も「教科書にはそう書いてあるけど」「教科書に書いてあるだけで」と、テキストを対象化し、「ちいちゃんの耳には聞こえた」「ちいちゃんの心にはそう聞こえただけ」と語りを相対化していることが分かる。4 場面は、「夏の初めのある朝…」という最後の一文以外は、すべてちいちゃんに寄り添って語られているが、Hs はその語りを相対化することで、〈見物人〉の目でこの場面を捉えようとしている。

他の学習者の中には、物語の現実として奇跡が起こって、ちいちゃんは家族に再会できたと捉える者もいた。また、ちいちゃんは単に幻覚を起こしているだけだという者もいた。あるいは、ちいちゃんは死の間際に楽しい記憶を思い出したのだとする学習者もいた。しかし、対話によって浮き彫りになる Hs の読みは、それらの主張とは一線を画していた。以下の場面は、授業終末での全体でのやりとりであるが、Hs が他の学習者とは、ある部分では共感しつつ、しかし、微妙な差異を保ったまま本時での読みが収束していることが分かる。(以下、Tは授業者を表し、Cは不特定の学習者を表す。)

66Tg Hs さんに付け足しで、僕はなんか、心もですけど、心から聞こえたっていうか、思い出したんだと思うんですけど、1 場面の言葉が「空からふってきて」で、しかも、1 場面でかけおくりをしたときの写った影と同じ形だから、だから、それを思い出しているのじゃないかなって、ぼくは思いました。

((授業者の指示により、教科書の描写を確かめる))

67T これが何なの？

68Tg もし空で、お父さんたちがやっているのだとしても、自分たち、僕たち3年1組のみんながかげおくりをしたとき、他の人がやってる影は全く見えなかったから、人がやっているのが、ぼくはその影が見えなかった ので、だから、空の上でやっても、ちいちゃんは自分の影しか見えないはずだから、思い出しているのかなって思った。

((中略))

69Se Tg 君の理由みたいなことなんだけど、

70T Tg 君の理由って、どんな理由？

71Se 思い出しているという理由。ここに描いてある絵で考えてみたんですけど、ここに描いてある絵は、これが… ((ジェスチャーで挿絵の影の形の違いを説明する)) 形が違う。

72C ああ、確かに。

73T 形が違う。

74Mr 思い出したっていうか、家族全員そろって、してるのは1場面だから、1場面のみんなまで

かげおくりをした時だから、あのときは楽しかったなあって、思い出したんじゃないかな。

75T もう一回見るよ、「青い空にくっきりと白いかげが四つ」今、Mr さんは、楽しかったなあって言ってたよね。みんな、青い空にくっきりと白いかげが…

76Hs 「くっきり」ってことは、私がかげおくりをしたときは、くっきりというより自分の目にうすーく映った感じだから、思い出したというか、ちいちゃんの目にはそう見えた。

授業全体の様相を、物語テキストへのアプローチの三つの相、すなわち物語内容・物語言説・物語行為（ジュネット：1985）に照らして考察すれば、「会えたのか／会えなかったのか」という問いは、一見、物語内容を問うているようではある。しかし、Hs をはじめ学習者の実際の発話記録を分析すると、物語言説（＝テキスト）を対象化し、学習者をメタレベルに立たせる効果をもたらせたことが分かる。「語り手は、なぜこのように語ったのか」のような、物語行為（＝語り）を直接問うているものではないが、Hs の一連の発話は、結果としては物語行為（＝語り）を検討するものに他ならない。このような物語内容の読みから物語言説の読みに至る読みの体験を重ねることが、やがて物語行為（＝語り）を自覚的に読むための準備段階となり得るのではないかと推察された。

松本（2013）は、「ちいちゃんのかげおくり」の語りを分析して以下のように述べる。

このように、多くの描出表現があり、読み手は、語り手の説明というより、「ちいちゃん」の知覚を直接提示されているように読むことができるようになっていく。読み手によって「ちいちゃん」により寄り添う読みから語り手により寄り添う読みへの幅があり得る。

描出表現への着目を促し、人物あるいは語り手への寄り添い度合いの違いを顕在化させることで、読みの交流を促進することが期待できる。そのように見たとき、授業者が「見えました」「聞こえました」という人物の知覚表現へ着目させたことは、学習者をメタレベルに立たせるための足場かけとして有効に働いたと評価することができる。

本研究において、学習者に「語り」概念を獲得させるためには、小学3年生の物語授業において、あるいはそれ以前の2年生段階でも、「語り」あるいは「語り手」という用語を用いた直接的な指導に先行して、学習者の実態に応じる可能な形で、描出表現に着目させ、物語内容の読みから物語言説の読みに至るメタレベルの読みの体験を重ねておく必要があるという知見が得られた。

4. 今後の展望

今後も、小学校中学年段階において、「語り」概念がどのように獲得されていくのかを継続して観察する。そのうえで、特に小学校3年段階と4年段階には、どのような読みの質的な変容を想定できるのかを明らかにしたい。中学年の2年間での読みの変容をより精緻に描くことで

研究の進展を図る。より精緻な学習者論を展開することが、この学年段階の学習過程がどうあるべきかという学習デザイン論に、大きな示唆を与え得るものだと考えるからである。

教科書各社は、未だ「語り手」を定義するだけで、手引きの中にどのように語りを読むのかという授業実践レベルの手がかりをほとんど示せていない。このことは、どのような文学の読みの体験を積ませることが学年段階相応であるかという共通見解が得られていないことを象徴している。語りを読むことで、メタレベルの読みの体験を積ませる有効性について、実践レベルで共有できれば、文学的文章を読むことの授業はより確かなものになるだろう。

また、「語り」概念の獲得をめぐる学習者論を精緻に展開することは、どのような教材がそもそも教科書教材に向いているかという教材配置論をひらくものである。語りの構造から「モチモチの木」や「ちいちゃんのかげおくり」のような作品が小学校3年の教材として向いているものであると考えられるが、他に採録されている作品、過去に採録された作品あるいは、未だに採録されていない作品に関してはどうかを検討したい。

5. 参考文献

- 石丸憲一（2010）「読者反応とテキスト構造の関係をつかむ文学の教材研究 — 「ちいちゃんのかげおくり」の読者反応の分析を通して—」『創価大学教育学論集』第61号、19-32
- 佐藤多佳子（2018）「語りに着目した教材分析」松本修・西田太郎編著『その問いは、物語の学習をデザインする』学校図書、135-136
- 丹藤博文（2018）「ナラティブ・リテラシー — 読書行為としての語り—」溪水社
- 丹藤博文（2022）「文学的文章の領域における実践に関する研究の成果と展望」『国語科教育研究の成果と展望Ⅲ』溪水社、209-215
- 中村哲也（2001）「物語られた「戦争」を読むこと—教材『ちいちゃんのかげおくり』—」田中実・須貝千里編『文学の力×教材の力』教育出版、56-71
- 土方洋一（2013）『物語のレッスン 読むための準備体操』青簡舎
- 松本修（2013）「「ちいちゃんのかげおくり」の語りと学習」『Group Bricolage 紀要』No. 31 Group Bricolage、1-7
- 山元隆春（2005）『文学教育基礎論の構築』溪水社
- ジェラルド・ジュネット（1985）花輪光・和泉涼一訳『物語のディスクール』水声社

研究題目	海洋空間における非国際的武力紛争と国際法—中台武力紛争を想起して—
機関名	高岡法科大学
研究代表者	法学部教授 吉田靖之
分野	国際法
キーワード	海上武力紛争法、海上作戦法規

1. 研究の背景と目的

本研究は、非国際的武力紛争（以下「NIAC」）を背景とした海洋空間における敵対行為を規律する国際法について検討するものである。冷戦終結後、旧ユーゴスラビアあるいはルワンダ等において大規模なNIACが連続して生起し、武力紛争法に違背する残虐な行為が数多くなされ、国際刑事裁判の対象となった。このことから、1990年代以降、NIACに関する国際法研究は主として陸上戦闘に適用される武力紛争法および国際刑事法の領域において進捗し、業績の蓄積も目覚ましい。他方で、海洋空間における同種の研究は、国家実行が限定的であることとも相まって海外の学界においてわずかながらの先行研究が確認されるにとどまる。また、国内における業績については、例えば真山全による若干の業績を除き殆ど手つかずの状態にあるといつてよい。

ところで、2022年2月24日に開始されたロシアによるウクライナ侵攻は、強大な軍事力を保有する専制国家が死活的に重要な国益が脅かされていると認識する場合、当該国家にとって武力行使にかかわる閾値が低下することを提示した。そして、我が国周辺地域に目を転じた場合、生起の蓋然性については議論あるものの、中華人民共和国（以下「中国」）による中華民国（以下「台湾」）の統一を目的とする武力侵攻（以下「中台武力紛争」）が、そのような事態の一つとして想起される。そして、先述の研究状況を背景として、中台武力紛争における台湾周辺海空域における中台間の戦闘をNIACにおける敵対行為として想起し、それに対して法的分析を加えることが本研究の目的である。

2. 研究方法

議論の出発点として、海上武力紛争に適用ある法に関し明確な指針を提示して権威あるものとされているサンレモ・マニュアル（1995年）が、「海上『武力紛争』」なる文言が国際的武力紛争（以下「IAC」）あるいはNIACの何れを指すのかについて必ずしも明確にはしていない事実がまずは指摘される。そして、左記からは「NIACにおいては海上武力紛争法の適用はあるのか」がまずは問われ、それに対する回答が完全に否定的ではない場合には、「何処で」「如何なる措置が」「どの程度実施可能なのか」という論点が設定される。そして、その検討のため本研究においては20世紀以降の国家実行を入念に分析するとともに、それらを取り扱った先行研究を可能な限り渉猟し検討を行うという国際法研究におけるオーソドックスな手法を用いる。

加えて、本研究期間中において台湾総統選挙が予定されていた。そして、特にそのような状況下においては現地（台北および周辺地域）を訪問して国際法関連有識者との意見交換を実施することが重要と考え、現地を訪問した。その結果、本研究が取り扱うテーマに関し重要な示唆を数多く得ることができた。

3. 研究成果

本研究においては、(1) NIAC の定義と海洋空間における国家実行／台湾の国際法上の地位と中台武力紛争の性格、(2) NIAC における海上作戦の区域および敵対行為の実施、ならびに (3) 外国船舶への干渉として封鎖および海上阻止について其々検討を行った。

(1) NIAC の定義と海洋空間における国家実行／台湾の国際法上の地位と中台武力紛争の性格

まず、NIAC の定義については、それは「一国内における政府当局（当事国）と組織化された武装集団またはそのような集団相互の間の長期化した武力による暴力があれば NIAC は常に存在する」とされ、そのための要件として、紛争の烈度および紛争当事者の組織性が必要とされる。また、海洋空間における国家実行としては、近代における NIAC の古典的先例であり海戦法規の適用が見られた米南北戦争（1861 年-1865 年）を嚆矢として、20 世紀から 21 世紀にかけても NIAC を背景として海洋空間において敵対行為あるいは通航船舶への干渉が展開された事例が複数存在する。それらは、スペイン内戦（1936 年-1939 年）、第二次国共内戦（1945 年-1949 年）、アルジェリア戦争（1954 年-1962 年）、スリランカ内戦（1983 年-2009 年）、ガザ紛争（2008 年-2009 年）、リビア（2011 年）である。

また、台湾の国際法上の地位については、台湾は領土、永続的な住民および有効に機能する政府という国家性の要件（モンテビデオ条約（1933 年）1 条）を充足するものの、これまで台湾は自らが『中国』から独立した国家であるとは宣言していない。このため、台湾と国交のある 12 カ国を除き、外国との交流は民間ベースで実施されている。以上のことから、台湾が『中国』全土の支配意思を自ら放棄し、『中国』とは完全に別個の国家であるとの宣言なき限り台湾の国家性は否定される。その結果、中台武力紛争が生起した場合、それは『中国』の国内秩序回復を目的とした NIAC であると整理される。

(2) NIAC における海上作戦の区域および敵対行為の実施

まず、海上作戦の区域についてであるが、前提として、海上における IAC において交戦国は中立国領域を除くすべての海洋空間において敵対行為の実施が可能とされる。他方で、NIAC においては海上作戦の区域（region of naval operations）にかかわる地理的要素がより制限的に作用することから、原則として敵対行為の実施は当事国の領域内に限定される。そして、それらの一環として、当事国は無害通航の停止のほか、入港の制限あるいは港湾の閉鎖等が可能とされる（国連海洋法条約（以下「UNCLOS」）25 条）。他方で、反乱団体は国ではないため、それが支配している当事国領海において上述した当事国によるものと同様の措置を実施することは許容されない。

これらの中台武力紛争に当てはめた場合、まず中国の立場としては、『中国』の領海は大陸お

よび台湾双方の沿岸に及ぶことから、同国が上述の措置を NIAC において実施する場合の海域には台湾領海および金門馬祖周辺海域も含まれる。他方で、これまで中国が台湾本土へ統治上の権威を及ぼしたことはないことから、「台湾周辺海域は中国の『領海』である」との主張には正当性という観点からは疑義が付される。一方で、中台間での軍事力の規模の著しい不均衡等から、第二次国共内戦において見られたような台湾海軍による大陸沿岸への進撃、あるいは中国港湾の閉鎖（關閉政策）といった措置は想定されにくい。なお、關閉政策が開始された当時、台湾が当該港湾および周辺海域を実効的に管制していなかったとの理由により、米国はその法的妥当性を否定している。

領海以遠の海域においては、何れの NIAC 当事者も外国船舶に対し干渉することは許容されない。他方で、接続水域においては、当事国による通関上の措置として船舶検査が想定され、国家実行ではスリランカ内戦において 1984 年に政府が実施した船舶検査がそれに該当する。他方で、より慎重なる議論を要するのが他国の排他的経済水域（以下「EEZ」）および大陸棚における敵対行為の実施である。IAC においては、左記の海域は海上作戦の区域に妥当することから、交戦国による敵対行為の実施は沿岸国の権利に対する妥当な考慮を払う限り可能とされている。然るに、これについては未だ国家実行なきことから確定的な結論の導出は困難であり、NIAC における場合についてもまた然りである。なお、あくまで一般論ではあるが、EEZ において沿岸国が NIAC 当事者による敵対行為を無条件に容認するとは考えにくい。例えば、先島諸島周辺海域における中台何れかによる機雷敷設も想定されるが、当該海域は日中台の間で EEZ あるいは専属経済水域の境界が未確定であるため、当該海域への機雷敷設はそもそも困難である。また、仮にそのような事態が生じた場合、沿岸国である日本がそれを無条件に受忍するとは思われない。

つぎに、敵対行為の実施については、IAC においては、正式に軍艦として就役している船舶（UNCLOS29 条）のみが敵対行為の実施が可能とされている。対して、NIAC における敵対行為の実施主体は、当事国の軍艦およびその他の政府船舶である。なお、IAC において補助艦は敵対行為への参加は許容されないが、NIAC においては反乱団体に対するものに限り左記は可能とされる。また、IAC においては、紛争当事者が準軍事的機関または武装した法執行機関を自国の軍隊に編入した場合には、他の紛争当事者にその旨を通報することが必要とされるが（1949 年ジュネーブ条約第 I 追加議定書（1977 年）（以下「AP I」）43 条 3 項）、NIAC においてはそのような手続きは必要とはされない。したがって、中国海警も敵対行為の実施が可能である。

さらに、物的軍事目標については、AP I 52 条 2 項に示される「その性質、位置、用途または使用が軍事活動に効果的に資する物であって、その全面的または部分的な破壊、奪取または無効化がその時点における状況において明確な軍事的利益をもたらすもの」という定義がすべての武力紛争に妥当する。また、人的軍事目標については、当事国正規軍構成員および政府船舶が敵対行為に参加する場合にはその乗員ならびに反乱団体構成員である。特に、反乱団体構成員については戦闘機能を継続的に帯びる必要があるとされることから、中華民国台湾国軍軍人のほか台湾海岸巡防署職員もこれに該当する。

ところで、NIAC においては、外国商船の平和で安全な航行が確保されなければならないが、

それを著しく阻害するものが機雷の敷設である。自動触発水雷禁止条約（ハーグ第Ⅷ条約）（1907年）が慣習法化していることを前提とすると、NIAC において当事国が沿岸防備あるいは反乱団体への軍事物資の流入阻止といった合理的な目的のために領海内に機雷を敷設することは禁止されない。一方で、そのような場合には、水路通報等の手段による告示がなされなければならない（UNCLOS25条3項）。国家実行を紐解くと、リビアにおける事例においてカダフィ政権が領海内に機雷を敷設した事案が確認されるが、その際に機雷源の告示および代替航路の指定といった予防措置および安全策が講じられていなかったため、適切性を欠くものと批判されている。なお、領海外における機雷敷設については、それが NIAC における軍事目標のみに指向される場合には許容されるとの主張が学界の一部において確認される。然るに、中台武力紛争の場合には、主戦場である台湾周辺海洋空間は世界的に重要な海上交通路であること等に鑑みると、かかる海域における機雷敷設が妥当な方法であるのかについては疑問が指摘される。

（3）外国船舶への干渉：封鎖および海上阻止

学界の一部においては、当事国による反乱団体占領地域の封鎖(blockade)が議論されている。封鎖とは、対象国沿岸に封鎖線を設定し、海洋空間を介した一切の物資の流入およびそこからの物資輸送の強制的な遮断を趣旨とする戦争行為 (act of war) である。なお、封鎖の要件については、海戦法規に関する宣言（1909年）（ロンドン宣言）1条から21条にかけて詳細な規定があり、これらは慣習法化しているとされる。

国家実行を見ると、ガザ紛争においてイスラエルはガザ地区沿岸に封鎖線を設定した (Operation Sea Breeze)。そして、救援物資等を輸送する「自由の船団」が封鎖線を越えてガザ周辺海域に進入した際に、同国はこれを封鎖犯破であるとして軍部隊を強制的に乗船させて制圧下におくとともに、行先変更措置を講じた（2010年5月）。かかる行為の正当化として、イスラエルはハマスへの武器の流入およびガザから自国領域へのロケット攻撃を阻止するために必要な自衛措置であると主張した。イスラエル最高裁、イスラエル政府および国連は、ガザ紛争を IAC に適用ある武力紛争法が規律する事態であると評価しており、また、学界においてもそれを支持する議論がある。他方で、ガザ紛争は IAC には該当しないとする立場は、同紛争は NIAC であるとして封鎖の実施可能性それ自体を否定する。また、この立場は、封鎖によりガザ地区の文民たる住民がその生存に不可欠な食糧およびその他の物資を適切に供給されていない状態に置かれたため、仮にガザ紛争が IAC であったとしても当該封鎖は違法であると整理する。このように、ガザ紛争およびそこでの「封鎖」の法的性格については学界において議論が対立している。

封鎖は中立国商船に対しても指向されるが、第三国が中立を宣言した場合を除き、NIAC には中立なる立場は存在しない。また、封鎖は公海上に及ぶが、既に検討したように、NIAC において公海上における外国船舶への干渉は困難である。つまり、NIAC の何れの当事者も第三国船舶に干渉する権利を有さないため NIAC と封鎖とは両立せず、それを可能せしめるためには反乱団体を交戦団体として承認することが必要となる。そのような古典的事例が、米南北戦争における連合国に対する合衆国の封鎖である。米南北戦争において合衆国政府は、12 の連合国主要港湾

に対する封鎖を宣言した（1861年4月19日）。これは連合国に対する黙示の交戦団体承認に該当し、英国は中立を宣言した。その結果、南北戦争はNIACながらも戦争法が全面的に適用される事態へ移行した。

海戦の歴史において交戦団体承認がなされたのは先に引用した米南北戦争の事例のみにとどまっていることから、かかる制度はもはや廃絶したとの整理は一応あり得る。然るに、国家実行の蓄積が芳しくないという事実は直ちに交戦団体承認という法制度の廃絶までは意味せず、それは今日においても妥当すると主張する立場も存在する。他方で、仮に交戦団体承認がなされないとしても、NIACが従前「戦争」として認識されていた程度の烈度に達した場合には、封鎖をはじめとする海戦の方法が全面的に使用可能となるとする議論も確認される。また他方で、上記の主張に対しては、武力紛争の烈度はNIAC当事国が外国船舶に対する措置を実施するための一つの指標に過ぎないこと、および烈度のみではIACに適用される海戦法規をNIACに適用させることは困難であるとの反論が存在しており、議論は収束していない。

最後に海上阻止（interdiction）についてであるが、それは、主として公海上における船舶の通航の阻止を目的とする各種手段を総称する戦術的用語（operational term of arts）である。NIACの国家実行においては、領海以遠の海域において外国船舶の海上阻止が見られた事例が確認される。例えば、先述のとおり、アルジェリア戦争においてフランスは、海上を介した反乱団体（FLN）に対する武器等の流入の阻止のための活動を実施した。その結果、アルジェリアへ向けて航行する一定規模以上の船舶はフランス海軍による乗船及び捜索を受けることとなり、武器、弾薬および爆薬類が発見された場合、それらは没収された。このような船舶検査活動は、アルジェリア沿岸のみならず遥か遠方の公海上においても大規模かつ広範囲に展開された。

フランス海軍による措置の対象とされた船舶の旗国は欧州諸国を中心として広範囲にわたり、これらの諸国はフランスの行為を公海航行の自由を著しく阻害するものとして非難した。他方で、フランス国内においては、外国船舶への干渉は政府の権限の行使による国家の防衛（*défense nationale*）のために必要な活動であると整理された。本件に対しNATOの盟主である米国は関与せずとの態度を一貫して維持し、英国もこれに追従した。そのため、自国船舶が干渉の対象とされた欧州諸国は、本問題を外交的に解決することを選択し、法的な問題の解決は棚上げとされた。

このように、アルジェリア戦争における外国船舶への干渉については、明確な判断はなされていない。本事象についてハインチェル・フォン・ハイネク（Wolff Heintschel von Heinegg）は、アルジェリア戦争においてフランスが為したような行動は「NIACを背景とした国家の緊急状態における海上阻止」であると整理する。そして、ハインチェル・フォン・ハイネクは、そのための要件として、やや後付けの理屈ながらも、死活的に重要な国家安全保障上の利益の侵害、対象とされる外国船舶の当該利益との連関、紛争地域の近傍における実施、ならびにとられる措置の必要性および均衡性を挙げている。

ちなみに、当時アルジェリアはフランスの植民地であり、FLNがフランスに対して為した敵対行為は宗主国に対する民族解放闘争の一環であった。対して、フランスにとっては、アルジェリア戦争の目的は国家としての領土および政治的一体性の維持である。仮に今日において同様

の事態が生起すれば、それは AP I 1 条 4 項に規定される自決権行使のための闘争に該当しよう。他方で、中台関係においては、従前、中国が台湾本土へ統治上の権威を及ぼしたことは一度もなく、また、台湾が民族解放団体であるとは言い難いため、アルジェリア戦争における枠組みが中台武力紛争にそのまま妥当するのかは疑わしい。

ところで、アルジェリア戦争とほぼ同時期に、第二次国共内戦の一環として台湾海軍は公海上において外国船舶に複数回干渉している。この実践に対して例えば英国は、自国船舶に対する干渉について台湾に抗議しているものの、英国は台湾を交戦団体として承認しなかった。そして、この事実を逆手にとって、今や圧倒的に優勢な軍事力を擁する中国が、かつて台湾が為したものと同様のオペレーションを展開し、そのことを以って台湾の法的地位に変化が生じることはないと主張するであろうことは十分に想定される。

このほか、中国が円滑な海上作戦の遂行のため、特定の範囲に及ぶ海域を設定し、そこへの船舶の進入を一定期間管制するような措置も想定される。平時においても、例えば射撃等の実施のための警戒海域を告示することは認められていることから、中台武力紛争においてもそのような海域の設定は可能であると推察される。他方で、通航船舶は常に当該海域を回避して航行する義務を負うものではなく、また、仮に中国が海域内に所在するという事実のみを理由として通航船舶を攻撃した場合、それは両次大戦における戦争水域 (Kriegsgebiet) と同様であり許容されるものではない。

4. 今後の展望

本研究では、中台武力紛争をあり得る事態として想起して、海洋空間における NIAC について検討した。海洋空間における NIAC では戦場が海であるために、敵対行為が実施可能とされる海域区分という地理的要素が IAC よりも重要となる。また、NIAC においては、交戦団体承認あるいは第三国による中立宣言ある場合を除き中立国は存在しないものの、特に領海以遠の海域においては、外国船舶に影響を及ぼす海上作戦の実施にはより慎重な考慮が求められる。さらに、NIAC における海戦法規の適用は完全には排除されないものの、その際には、本論で論述したような必要な選択および修正がなされる。

中国は、東シナ海および南シナ海ならびにそれらからマラッカ海峡を經由してインド洋に至るルートを海洋戦略上特に重要視しており、台湾は東シナ海、南シナ海およびフィリピン島を結ぶ位置に所在している。したがって、中国が台湾を手中に収めた場合、東シナ海から南シナ海へと及ぶ広大な海域に対して覇権を確立することが可能となり、このことはわが国を含め周辺国および米国にとって看過できない事態である。以上のような理由から、本論で論述した中台武力紛争における海上武力紛争法の適用の是非という論点は、国際法上のみならず我が国の安全保障にとっても極めて重要な意義を有しており、以後も継続して検討がなされるべきテーマである。

5. 参考文献

〔著作〕

1. James Crawford, *The Creation of States in International Law*, 2nd ed. (Oxford University Press, 2006), lxxii+870pp.
2. Yoram Dinstein, *Non-International Armed Conflict in International Law*, 2nd ed. (Cambridge University Press, 2012), xxxvii+342pp.
3. Louise Doswald-Beck ed., *San Remo Manual on International Law Applicable to Armed Conflict at Sea* (Cambridge University Press, 1995), ix+257pp.
4. Tony Cabus, *Due Diligence and the High Seas* (Routledge, 2022), xiv+154pp.
5. Laurence Hill-Cawthorne, *Detention in Non-International Armed Conflict* (Oxford University Press, 2020), xi+275pp.
6. Robin Churchill, Vaughan Lowe and Amy Sander, *The Law of the Sea*, 4th ed. (Manchester University Press, 2022), lxix+897pp.
7. Phillip Drew, *The Law of Maritime Blockade: Past, Present, and Future* (Oxford University Press, 2017), xvii+168pp.
8. Andrew S. Erickson and Ryan D. Martinson eds., *China's Maritime Grey Zone Operations* (Naval Institute Press, 2019), xvii+324pp.
9. Katharine Fortin and Ezequiel Heffes eds., *Armed Group and International Law-In the Shadowland of Legality and Illegality-* (Edward Elgar, 2023), xv+324pp.
10. Hersch Lauterpacht, *Recognition in International Law* (Cambridge University Press, 1947), xix+442pp.
11. Vaughan Lowe, *International Law* (Oxford University Press, 2007), xxv+298pp.
12. Rob McLaughlin, *Recognition of Belligerency and the Law of Armed Conflict* (Oxford University Press, 2020), xvi+301pp.
13. Nils Melzer, *International Committee of the Red Cross, Interpretive Guidance on the Notion of Direct Participation in Hostilities under International Humanitarian Law* (ICRC, 2009), 85pp.
14. Robert W. Tucker, *The Law of War and Neutrality at Sea, International Law Studies*, Vol. 50 (U. S. Government Printing Office, 1955), xiii+448pp.
15. 岩沢雄司『国際法』第2版（東京大学出版会、2023年）、xlv+818頁。
16. 広瀬善男『国家・政府の承認と内戦—承認法の一般理論 下—』（信山社、2005年）、ix+458頁 with index。
17. 吉田靖之『海上阻止活動の法的諸相—公海上における特定物資輸送の国際法的規制—』（大阪大学出版会、2016年）、x+452頁。

〔論文〕

1. Shawn William Brennan, “Assessing the Legal Framework for Potential U. S. Conflict

- 
- with China over Taiwan,” *International Law Studies*, Vol.99, Stockton Center for International Law (Naval War College, 2022), pp.991-1050.
2. Russell Buchan, “The International Law of Naval Blockade and Israel’s Interception of the Mavi Marmara,” *Netherlands International Law Review*, Vol.58 (2011), p.209-241.
 3. Jonathan I Charney and John R. V. Prescott, “Resolving Cross-Strait Relations between China and Taiwan,” *American Journal of International Law*, Vol.94 (2000), pp.453-477.
 4. Christine Chinkin, “The Legality of NATO’s Action in the Former Republic of Yugoslavia (FRY) under International Law,” *International and Comparative Law Quarterly*, Vol.49, (2000), pp.910-925.
 5. Phillip Drew, “Blockade? A Legal Assessment of the Maritime Interdiction of Yemen’s Port,” *Journal of Conflict & Security Law*, Vol.24 (2019), pp.35-52.
 6. Bruce A. Elleman, “The Nationalists’ Blockade of the PRC, 1949-58” in Bruce A. Elleman and S. C. M. Paine eds., *Naval Blockades and Seapower: Strategies and Counter-Strategies, 1805-2005* (Routledge, 2006), pp.133-144.
 7. Bernard Estival, “The French Navy and the Algerian War,” *The Journal of Strategic Studies*, Vol.25, No.2 (2002), pp.79-94.
 8. Ryan M. Fisher, “Defending Taiwan: Collective Self-Defense of Contested State,” *Florida Journal of International Law*, Vol.32 (2020), pp.101146-
 9. Douglas Guilfoyle, “The Mavi-Marmara Incident and Blockade in Armed Conflict,” *British Year Book of International Law*, Vol.81 (2011), pp.171-223.
 10. Wolff Heintschel von Heinegg, “Methods and Means of Naval Warfare in Non-International Armed Conflict,” *International Law Studies*, Vol.88 (Naval War College, 2012), pp.212-236.
 11. ———, “Blockades and Interdictions,” in Marc Weller ed., *The Oxford Handbook of the Use of Force in International Law* (Oxford University Press, 2015), pp.923-946.
 12. James Kraska, “Rule Selection in the Case of Israel’s Naval Blockade of Gaza: Law of Naval Warfare or Law of the Sea?,” *Yearbook of International Humanitarian Law*, Vol.13 (2010), p.367-395.
 13. Yari Lootsteen, “The Concept of Belligerency in International Law,” *Military Law Review*, Vol.166 (2000), pp.109-144.
 14. Rob McLaughlin, “The Law Applicable to Naval Mine Warfare in Non-International Armed Conflict,” *International Law Studies*, Vol.90, Naval War College (2014), pp.476-498.
 15. ———, “Does the Law of Naval Warfare Apply to NIACs at Sea? Well, Sort of…,” in

- Dale Stephens and Matthew Stubbs eds., *The Law of Naval Warfare* (LexisNexis Butterworth, 2019), pp. 321-338.
16. —, “The Law of Armed Conflict, the Law of Naval Warfare, and a PRC Blockade of Taiwan,” 30 January 2023, <https://liber.westpoint.edu/loac-law-of-naval-warfare-prc-blockade-taiwab/>, as of 18 May 2024.
 17. D. P. O’Connell, “The Status of Formosa and the Chinese Recognition Problem,” *American Journal of International Law*, Vol. 50 (1956), pp. 405-416.
 18. —, “International Law and Contemporary Naval Operations,” *British Year Book of International Law 1970* (Oxford University Press, 1971), pp. 19-85.
 19. Andrew Sanger, “The Contemporary Law of Blockade and the Gaza Freedom Flotilla,” *Yearbook of International Humanitarian Law*, Vol. 13 (2010), pp. 397-446.
 20. Nikolaus Scholik, “Power-Projection VS. Anti-Access/Area-Denial (A2/AD): The Operational Concepts of the U. S. Navy (USN) and the People’s Liberation Army Navy (PLAN) in the Indo-Pacific Region,” in Joachim Krause and Sebastian Bruns eds., *Routledge Handbook of Naval Strategy and Security* (Routledge, 2016), pp. 177-188.
 21. Andre Spinella, “The one China principle and its legal consequences, domestically and abroad: the disputed control over Taiwan and the anti-secession law. Much Ado about Nothing?,” *Trento Student Law Review*, Vol. 4, 2022, pp. 19-40.
 22. Dale Stephens and Matthew Stubbs, “Naval Warfare Zone: Immediate Area of Naval Operations and Maritime Exclusion Zones,” in idems eds., *The Law of Naval Warfare* (LexisNexis Butterworth, 2019), pp. 127-141.
 23. Robert Tomes, “Operation Allied Force and the Legal Basis for Humanitarian Interventions,” *Parameters*, Vol. 30 (2000), pp. 38-50.
 24. L.H. Woosley, “Editorial Comment: Closure of Ports by the Chinese Nationalist Government,” *American Journal of International Law*, Vol. 44 (1950), pp. 350-356.
 25. 福田円「台湾の海洋安全保障政策カントリー・プロファイル」日本国際問題研究所『インド太平洋における法の課題と海洋安全保障「カントリープロファイル」』(2017年)、143-153頁。
 26. 松山沙織「旧ユーゴスラビア国際刑事裁判所による非国際的武力紛争の定義とその意義(一)」『阪大法学』65巻3号(2015年)、127-150頁。
 27. 真山全「台湾海峡の国際法上の地位と外国艦船航空機の通航」、坂元茂樹編著『国際海峡』(東信堂、2015年)、157-217頁。
 28. —「中国による対台湾海上交通妨害の国際法的検討—中国の試みる zonal measure—」『交流』No. 986、2023年5月、7-16頁。
 29. 保井健典「非国際的武力紛争における海上での武力衝突に適用される法的パラダイム」『同志社法学』72巻2号(2020年)、191-224頁。
 30. 吉田靖之「海洋空間の軍事利用と国際法—現代の海上武力紛争における作戦水域の法的性

格一」『国際法外交雑誌』第122巻第1号（2023年）、22-47頁。

31. 和仁健太郎「未承認反乱団体が海上で行う暴力行為と海賊行為との関係（一）：海賊行為の『私的目的』要件をめぐる歴史的展開」『阪大法学』67巻5号（2018年）、47-75頁。

〔判例事例〕

1. *Ignazio Messina et C^{ie} v. L'Etat (Ministre de armée)*, Tribunal Administratif de Paris (22 octobre, 1962), reprinted in *Journal du Droit International* tome 57, No. 3, 1963, pp. 1191-1194.
2. *Military and Paramilitary Activities in and against Nicaragua (Nicaragua v. United States)*, Merits, *ICJ Reports 1986* (1986), p. 14.
3. ICTY Appeals Chamber, Decision on the Defence Motion for Interlocutory Appeals on Jurisdiction, *Tadic*, Case No. IT-94-1 (2 October 1995).
4. ICTY Trial Chamber, Opinion and Judgement, *Tadic*, Case No. IT-94-1 (7 May 1997).

〔資料〕

1. Heintschel von Heinegg, James Kraska, et al., *The Newport Manual on the Law of Naval Warfare, International Law Studies*, Vol. 101 (Stockton Center for International Law, Naval War College, 2023), xxxiii+250pp.
3. The Nyon Agreement, 181 L.N.T.S. 137, entered into force 14 September 14 1937.
4. NATO Public Diplomacy Division, NATO Fact Sheet, *Operation UNIFIED PROTECTOR: Final Mission Status* (2 November 2011).
5. U. N. Doc. A/RES/2758(XXVI) (1971).
6. U. S. Department of the Navy, *The Commanders' Handbook on the Law of Naval Operations*, Edition 2022 (Department of the Navy, 2022).
7. Michael Schmitt, et al eds., *The Manual on the Law of Non-International Armed Conflict with Commentary* (IIHL, 2006).
8. Office of General Council, *Department of Defense Law of War Manual*, Updated December 2016 (U. S. Department of Defense, 2016).
9. Public Committee Against Torture v. Government 769/02, Judgment (13 December 2006).
10. The Public Commission to Examine the Maritime Incident of 31 May 2010 (The Turkel Commission), 2011.
11. Recognition of A State of Belligerency in Formosa Straits (1956), Belligerency in the Formosa Straits: Memorandum by the Foreign office, https://lieber.westpoint.edu/wp-content/uploads/2020/09/UK-Archives-FO-371_120939-Formosa-Recognition-of-Belligerency-Legal-Advice.pdf, as of 18 May 2024.
12. U. N. Secretary-General's Panel of Inquiry, *Report on the 31 May 2010 Flotilla Incident* (Palmer Report) (2010).

研究題目	介護技能実習が職務態度に与える影響 —個人 - 組織適合の媒介効果—
機関名	富山短期大学
研究代表者	健康福祉学科・准教授・小平達夫
分野	人間科学・産業組織心理学
キーワード	介護技能実習生 技能実習知覚 P-0 fit 職務満足 職務関与

1. 研究目的

人的資源管理 (Human resource management: HRM) に関する研究においては、HRM 施策と組織及び従業員成果との関係性にフォーカスされている。特に、HRM 施策に対する従業員の認識度合は、職務態度や行動に大きな影響を与える可能性があることに言及されている (Bowen & Ostroff, 2004; Wright & Nishii, 2007)。つまり、客観的である人的資源管理施策の実施状況よりも、従業員の人的資源管理施策に対する主観的認識が、職務満足や職務関与等の職務態度や組織全体の成果に大きな影響を与えるのである (鄭, 2011)。

竹内 (2009) は、P-E fit を測定する方法を客観的適合、認知的適合、主観的適合の3つに大別している。客観的適合とは、個人と組織を代表するメンバーがそれぞれ価値観の重要度を回答することで、客観的な適合を測るものである。認知的適合は、個人の価値観の重要度と組織の価値観の重要度を同じ回答者から得るものである。主観的適合は、個人に対して環境と適合しているかどうかについて直接的に尋ねるものである。本研究では、技能実習生の主観に基づいた回答である主観的適合を用いる。

人的資源管理の研究において、人的資源管理の施策に対する従業員の認識が職務態度である職務満足や職務関与に重要な影響を与えており、組織サポートに関する知覚 (perceived organizational support (POS): Eisenberger, Huntington, Hutchinson, & Sowa, 1986) の概念が注目され、理論的かつ実証的に研究が行われてきた。Rhoades & Eisenberger (2002) は、組織サポート知覚は、重要な社会的感情の機能も果たし、組織サポート知覚が高い従業員は、仕事をより楽しいと感じ、職場での気分もよく、疲労、燃え尽き症候群、不安、頭痛などの症状に苦しまないことを指摘している。そして、組織サポート知覚の研究では社会的交換関係理論 (social exchange theory: Blau, 1964) に基づいて、組織が従業員に対して積極的にサポート (環境改善や福利厚生) を行った場合、従業員は応報として組織への高いコミットメントと組織市民行動を推進させ、従業員業績と組織業績が向上することを指摘している。

実証的にも、組織サポート知覚は従業員の仕事満足度 ($r=.62, p<.001$)、前向きな気分 ($r=.49, p<.001$) と組織に対する感情的なコミットメント ($r=.73, p<.001$)、パフォーマンス ($r=.20, p<.001$)、離職の軽減 ($r=-.34, p<.001$) に有効な結果となった (Rhoades & Eisenberger, 2002)。しかしながら、組織サポート知覚は、従業員が知覚している全体的組織支援を示す概念であり、具体的な人的資源管理施策や人材開発 (human resource development: HRD) 施策に対する従業員の知覚ではない (Lee & Bruvold, 2003)。

人材開発投資がどのような認知的メカニズムを経て、個人の態度と行動につながるのかを明

らかにすることは、企業の効果的な資源配分を考える上でとても重要である (Lee & Peccei, 2007; Sady, Spiztmuller, & Witt, 2008)。

鄭他 (2011) は、「人材開発投資に関する知覚 (perceived investment in employee development: PIED; Lee & Bruvold, 2003)」に着目し、企業の人材開発への従業員の認知が、職務態度に対していかなる影響を及ぼすかを、韓国企業に勤務する正規従業員を対象に実証的に明らかにした。PIED とは、「従業員の能力開発及び従業員の市場価値に向けた会社のコミットメントに関する従業員の信念」 (Lee & Bruvold, 2003) と定義され、組織の人材開発投資そのものではなく、その投資を従業員が知覚する程度と理解される。PIED が従業員の職務態度に至る影響プロセスに存在する媒介要因を実証的に検討することにより、これまでの組織サポート研究を認知との関連性を探ることを試みている (Lee & Peccei, 2007; Sady et al. 2008)。

鄭他 (2011) は、PIED と職態態度 (職務満足度・職務関与・転職意思) との関係における個人-組織適合と個人-職務適合の媒介効果を実証的に検討した。結果、組織の人材開発投資に対する従業員知覚 (PIED) が従業員の組織及び職務に対する適合感を高め、従業員の職務満足や職務関与を向上させ、転職意思を低下させているという媒介過程を明らかにした。

本研究では、個人-環境適合理論 (person-environment fit: P-E fit; Cable & Jude, 1994; Kristof, 1996) 及び仕事適応理論 (theory of work adjustment: TWA; Chatman, 1989) を踏まえ、技能実習に対する介護技能実習生の知覚を独立変数、職態態度 (職満足度・職務関与) を従属変数、個人-組織適合を媒介変数とする。

Sekiguchi (2014) が指摘している米国は仕事に適した人材を見つけることに焦点を当てるが、アジア地域は集団主義的な特性が強く、P-O fit が採用時に優先されることを指摘している。今回、ベトナム人介護技能実習生を対象として P-O fit の媒介の影響力について実証検証をおこなうものである。

2. 概念的枠組みと仮説の設定

2.1 人材開発投資に対する従業員知覚と個人-環境適合

P-O fit の上位概念である P-E fit とは、人間と環境との相互作用に基礎を置く概念である (竹内, 2009)。従業員の職務態度や行動は、個人要因 (個人の価値、性格、能力) と環境要因 (上司や同僚との関係、職務特性、待遇) との相互作用によって決定すると考えられる (Chatman, 1989)。

本研究では、P-O fit を、ベトナム人介護技能実習生の知覚 (PIED) と職務態度との関係に介在する媒介要因と仮定する。

P-O fit は、個人の価値、特性と組織の構造、風土、トップマネジメントの適合度を意味する (Cable & Judge, 1994; Vancouver, Millsap, & Peters, 1994)。P-O fit 研究の枠組みでは、人間の欲求は環境によって満たされる程度が決まるという「欲求-圧力理論」 (Murray, 1938) をベースに、企業方針、人的資源管理施策などが個人の欲求を充足させる環境的要因 (P-O fit の先行要因) と見なされる。例えば、Cable & Parsons (2001), Chatman (1991) は、組織社会化における新人社員の P-O fit を有意に高めることができることを指摘している。また、Cable &

Judge(1994)は、人事評価システムや報酬システムが従業員の P-O fit に有意な正の影響を与えることに言及している。これらの研究結果より、組織の人的資源管理施策が従業員の欲求を満たし、従業員の環境（組織）への適合感を高めることが分かる。

組織の人材育成およびキャリア形成支援等の施策は従業員の欲求（自己の成長、能力開発意欲等）を満たす環境要因の役目を果たし、P-O fit を高めることが、「欲求—圧力理論」をベースに考えることができる。よって、以下の仮説を設定した。

仮説1：技能実習に対するポジティブな知覚(PIED)は、個人—組織適合（P-O fit）に正の影響を与えるであろう（図1）。

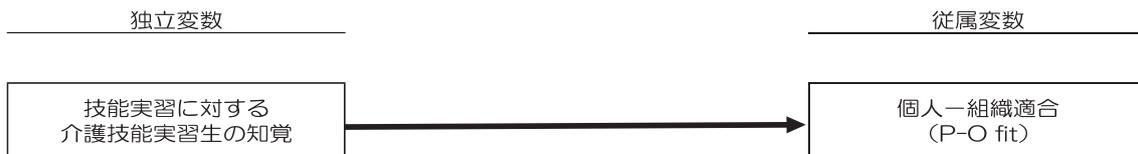


図1 仮説1フレームワーク

2.2 個人—環境適合と従業員態度

P-E fit 理論及び仕事適応理論(theory of work adjustment)において、個人と労働環境とが合致する状態で最も高い従業員成果につながる(Chatman, 1989)。例えば、個人の能力や価値観が会社の価値観、目標及び方針などとフィットしていると捉えた時(P-O fit)、職務満足や職務インボルブメントは高まり、現在の勤務先に留まろうとする意志が高まることが推察される。また、与えられた仕事が自己成長につながると知覚された場合、個人の欲求が満たされる。

P-O fit は、従業員の職務態度に対する有意な正の効果をもつことが実証的にも明らかになっている。

よって、P-O fit（個人—組織適合）の高い従業員は、職務満足と職務関与が高いことが考えられ、以下の仮説が設定された。

仮説2：P-O fit は職務満足に対して有意な正の影響を与えるであろう（図2）。



図2 仮説2フレームワーク

仮説3：P-O fit は職務関与に対して有意な正の影響を与えるであろう（図3）。



図3 仮説3フレームワーク

2.3 技能実習に対するベトナム人介護技能実習生知覚と技能実習生態度との関係における個人—組織適合の媒介効果

これまで組織サポート知覚の研究が過去において多くなされているが、職務満足や職務関与等の職務態度に対して従業員の組織サポート知覚が有意な正の直接効果が生じることを示唆している (Lee & Bruvold, 2003; Rhoades & Eisenberger, 2002)。そして、Lee & Bruvold (2002) は、組織サポート知覚を人材開発施策との関係性の中で見る PIED も従業員の組織コミットメントや職務満足に有意な正の影響を及ぼすことに言及している。

以上の研究結果と本研究で設定した仮説 1 から 3 を俯瞰的に考察すると、P-O fit が、技能実習に対するポジティブな知覚と職務満足や職務関与といった職務態度との関係性における媒介をはたすことが推察できる。つまり、人材開発に対する組織からの積極的なサポートは、彼らの自己成長欲求を充足させ、組織適合度が高まることによりさらに職務満足と職務関与が高まる。よって、以下の仮説が設定される。

仮説 4：個人—組織適合 (P-O fit) は、ベトナム人介護技能実習生の技能実習に対する知覚 (PIED) と職務満足との間を媒介するであろう (図 4)。



図4 仮説4フレームワーク

仮説 5：個人—組織適合 (P-O fit) は、ベトナム人介護技能実習生の技能実習に対する知覚 (PIED) と職務関与との間を媒介するであろう (図 5)。



図5 仮説5フレームワーク

3. 研究方法

3.1 調査対象

調査は 2022 年 4 月上旬から 5 月下旬にかけて、日本国内に在住するベトナム人介護技能実習生を対象に実施した。メールにて直接的にベトナム人介護技能実習生、間接的に複数の実習施設、複数の管理団体に調査趣旨の説明を行った。そして、本調査への協力に同意する場合、インターネットにてアンケートに回答してほしい旨を説明した。

結果として、163名が調査協力し、135人より有効回答を得た（有効回答率 82.8%）。質問文はベトナム語と日本語を併記した。なお、測定尺度の作成において、英文版を日本人英語教師にて和訳を行い、その和訳を技能実習の内容に置き換えた。そして、和訳版を日本語を理解しているベトナム人大学教員にベトナム語に翻訳を依頼した。

調査対象者の属性に関して、男性が14名（10.4%）であり女性が121名（89.6%）であった。

3.2 測定尺度

各項目に対する回答は、すべて「1=思わない」から「5=思う」の5段階リカート尺度を用いた。

【独立変数】

技能実習に対する介護技能実習生の知覚：

技能実習に対する介護技能実習生の知覚は、Lee and Bruvold（2003）による9項目尺度のうち、因子負荷量の小さい1項目を除いた8項目で測定した。信頼係数は $\alpha = .78$ であり、内的一貫性が確認された。

【媒介変数】

個人—組織適合：

Cable and DeRue（2002）の4項目尺度で測定した。信頼係数は $\alpha = .87$ であり、内的一貫性が確認された。

【従属変数】

職務満足：

Cammann, Fichman, Jenkins, and Klesh（1983）による3項目尺度を用いた。信頼係数は $\alpha = .82$ であり、内的一貫性が確認された。

職務関与：

Kanungo（1982）による4項目尺度を用いた。信頼係数は $\alpha = .89$ であり、内的一貫性が確認された。

【コントロール変数】

性別、日本での滞在期間、日本語の聞き取り状況、日本語の発語状況、来日時の日本語能力試験到達レベル、現在の日本語能力試験到達レベル、取得したい日本語能力試験到達レベル

3.3 結果

各尺度の記述量および相関関係を算出した（表1、表2）。各変数の相関を求めたところ、「職務満足」に関しては、「技能実習に対する知覚」（ $r = .540, p < .01$ ）、「P-0 fit」（ $r = .423, p < .01$ ）との間に正の相関関係が見られた。また、「職務関与」に関しては、「技能実習に対する知覚」（ $r = .433, p < .01$ ）、「P-0 fit」（ $r = .431, p < .01$ ）との間に正の相関関係が見られた。

まずは、仮説1から見てみたい。モデル2（表3）の結果より技能実習に対する介護技能実習生の知覚は、個人—組織適合（P-0 fit）（ $\beta = .46, p < .001$ ）に対して有意な正の影響を与えることが明らかになった。よって、仮説1を支持するものである。

次に、仮説2を見てみたい。モデル5（表4）個人—組織適合（P-0 fit）（ $\beta = .24, p < .001$ ）が職務満足に対して有意な正の影響を与えることが明らかになった。よって、仮説2を支持する

ものである。

次に、仮説3を見てみたい。モデル8（表5）個人—組織適合（P-0 fit）（ $\beta = .28, p < .001$ ）が職務関与に対して有意な正の影響を与えることが明らかになった。よって、仮説3を支持するものである。

最後に、仮説4、仮説5を見てみたい。技能実習に対する介護技能実習生の知覚と職務態度である職務満足、職務関与との関係における個人—組織適合（P-0 fit）の媒介仮説について検証する。仮説4、仮説5の検証のため、Baron and Kenny（1986）に従って媒介効果を検討する。

媒介効果が確認されるためには(1)従属変数（職務満足と職務関与）に対して、独立変数（介護実習知覚）が有意な直接効果を与えていること、(2)媒介変数（P-0 fit）に対して、独立変数（介護実習知覚）が有意な直接効果を与えていること、(3)従属変数（職務満足と職務関与）に対して媒介変数（P-0 fit）が有意な直接効果を与えていること、そして、(4)従属変数（職務満足と職務関与）に与える独立変数（介護実習知覚）の直接効果が、媒介変数（P-0 fit）を重回帰式に投入した場合、どの程度弱まるかに関する4つの検証が必要である。

(1)従属変数（職務満足と職務関与）に対して、独立変数（介護実習知覚）が有意な直接効果を与えていること

モデル4（ $\beta = .51, p < .001$ ）、モデル7（ $\beta = .38, p < .001$ ）となり、従属変数（職務満足と職務関与）に対して、独立変数（介護実習知覚）が有意な直接効果を与えている。

(2)媒介変数（P-0 fit）に対して、独立変数（介護実習知覚）が有意な直接効果を与えていること

モデル2により技能実習知覚は、P-0 fit（ $\beta = .46, p < .001$ ）に対して、有意な直接効果を与えている。

(3)従属変数（職務満足と職務関与）に対して媒介変数（P-0 fit）が有意な直接効果を与えていること

モデル5とモデル8の結果から、P-0 fitが職務満足（ $\beta = .24, p < .001$ ）と職務関与（ $\beta = .28, p < .001$ ）に対して有意な直接効果を与えている。

(4)従属変数（職務満足と職務関与）に与える独立変数（介護実習知覚）の直接効果、媒介変数（P-0 fitとP-J fit）を重回帰式に投入した場合、どの程度弱まるか。

P-0 fitの媒介効果に関して、分析の結果（モデル4→5とモデル7→8）、職務満足と職務関与に有意な直接効果を及ぼしていた技能実習知覚の効果が、P-0 fitを重回帰式に追加投入した場合、職務満足においては（ $\beta = .51, p < .001 \rightarrow \beta = .40, p < .001$ ）と若干の弱まりが確認された。また、P-0 fitの媒介において、係数の減少の有意性を確認するためにソベルの方法にて試みたところ、2.62となり、間接効果がゼロという帰無仮説は棄却され、P-0 fitの部分媒介が明らかになった。

職務関与においては（ $\beta = .38, p < .001 \rightarrow \beta = .25, p < .001$ ）と若干の弱まりが確認された。同じく、P-0 fitの媒介において、係数の減少の有意性を確認するためにソベルの方法にて試みたところ、2.65となり、間接効果がゼロという帰無仮説は棄却され、P-0 fitの部分媒介が明らかになっ

た。

表1 各尺度の記述量および相関関係(1)

尺度	M(SD)	技能実習に対する知覚	P-O fit	職務満足
技能実習に対する知覚	20.93(4.34)	—	.453**	.540**
P-O fit	18.72(2.20)	.453**	—	.423**
職務満足	13.25(2.13)	.540**	.423**	—

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ N=135

表2 各尺度の記述量および相関関係(2)

尺度	M(SD)	技能実習に対する知覚	P-O fit	職務関与
技能実習に対する知覚	20.93(4.34)	—	.453**	.433**
P-O fit	18.72(2.20)	.453**	—	.431**
職務関与	18.17(2.59)	.433**	.431**	—

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ N=135

表3 技能実習に対する技能実習の知覚との関係におけるP-E fitの媒介効果(階層的重回帰分析結果)

	従属変数：P-O fit					
	モデル1			モデル2		
	B	β	SE	B	β	SE
コントロール変数						
性別	-0.18	-0.02	0.65	0.10	0.01	0.58
日本での滞在期間	-0.11	-0.03	0.34	-0.31	-0.08	0.31
日本語の聞き取り	0.44	0.14	0.36	0.38	0.12	0.33
日本語の発語	0.18	0.05	0.39	-0.03	-0.01	0.36
来日時の日本語能力到達レベル	-0.12	-0.03	0.34	-0.11	-0.03	0.30
現在の日本語能力到達レベル	-0.62	-0.18	0.45	-0.20	-0.06	0.41
取得したい日本語能力レベル	0.45	0.14	0.43	0.43	0.13	0.39
独立変数						
技能実習に対する知覚					0.46 ***	0.04
修正済みR ²		-0.06			.193 ***	
修正済みΔR ²					.199 ***	

表4 技能実習に対する技能実習の知覚との関係におけるP-E fitの媒介効果(階層的重回帰分析結果)

	従属変数：職務満足								
	モデル3			モデル4			モデル5		
	B	β	SE	B	β	SE	B	β	SE
コントロール変数									
性別	-0.65	-0.09	0.62	-0.35	-0.05	0.54	-0.38	-0.05	0.52
日本での滞在期間	0.42	0.11	0.32	0.21	0.06	0.28	0.28	0.07	0.28
日本語の聞き取り	-0.24	-0.08	0.35	-0.31	-0.10	0.30	-0.39	-0.13	0.29
日本語の発語	0.66	0.18	0.38	0.44	0.12	0.33	0.44	0.12	0.32
来日時の日本語能力到達レベル	-0.23	-0.07	0.32	-0.21	-0.06	0.28	-0.19	-0.05	0.27
現在の日本語能力到達レベル	-0.80	-0.24	0.43	-0.35	-0.10	0.38	-0.30	-0.09	0.37
取得したい日本語能力レベル	0.22	0.07	0.41	0.20	0.06	0.36	0.10	0.03	0.35
独立変数									
技能実習に対する知覚				0.25	0.51 ***	0.04	0.20	0.40 ***	0.04
媒介変数									
P-O fit							0.23	0.24 ***	0.08
修正済みR ²		0.020			0.267 ***			0.309 ***	
修正済みΔR ²					0.247 ***			0.042 ***	

表5 技能実習に対する技能実習の知覚との関係におけるP-E fit の媒介効果（階層的重回帰分析結果）

	従属変数：職務関与								
	モデル6			モデル7			モデル8		
	B	β	SE	B	β	SE	B	β	SE
コントロール変数									
性別	-1.88	-0.22	0.72	-1.62	-0.19	0.67	-1.65	-0.20	0.64
日本での滞在期間	0.68	0.15	0.38	0.49	0.11	0.35	0.59	0.13	0.34
日本語の聞き取り	0.10	0.03	0.40	0.04	0.01	0.37	-0.09	-0.02	0.36
日本語の発語	0.69	0.16	0.44	0.49	0.11	0.41	0.50	0.11	0.39
来日時の日本語能力到達レベル	-0.26	-0.06	0.38	-0.25	-0.06	0.35	-0.21	-0.05	0.33
現在の日本語能力到達レベル	-1.29	-0.32	0.50	-0.89	-0.22	0.47	-0.82	-0.20	0.45
取得したい日本語能力レベル	0.85	0.22	0.48	0.83	0.22	0.44	0.69	0.18	0.43
独立変数									
技能実習に対する知覚				0.22	0.38 ***	0.05	0.15	0.25 ***	0.05
媒介変数									
P-0 fit							0.33	0.28 ***	0.10
修正済みR2		0.098			0.230 ***			0.289 ***	
修正済み Δ R2					0.132 ***			0.059 ***	

4. 考察

これまで、介護技能実習生に対する研究は行われておらず、今回、本研究では、ベトナム人介護技能実習生の介護実習知覚(PIED)と職務満足、職務関与との関係における P-0 fit の媒介効果について検討した。結果として、P-0 fit（個人—組織適合）は部分的に媒介していた。

部分的な P-0 fit の媒介効果により職務満足および職務関与は高まるが、介護実習に対してポジティブに捉えていると、職務満足および職務関与も高まる。つまり、受け入れ施設・病院（以下、受け入れ施設、病院等）での実習プログラム、日本語能力の向上に向けた講座、キャリアカウンセリング、1日の業務の終了後の振り返り等の積極的な指導やサポートを技能実習生が認知していると、仕事に対する満足感や、仕事へのやりがい、興味、愛着が高まる。また、職場の価値観や組織文化への高い共感も仕事への満足感や高いやりがい感につながる。

今回の結果より日本の受け入れ施設、病院等は、技能実習生の主な来日理由は高い収入であるが、技能実習の本来の目的である介護技術・技能の習得に対しても満足を示すと仕事への満足感ややりがいに繋がっていること、そして、組織への高い適合性も満足感ややりがいに繋がっていることも理解しなくてはならない。つまり、受け入れ先は技能実習生の自己成長意欲に応えること、受け入れ先の理念、方針、ミッション等を技能実習生に対して丁寧に説明することが求められる。

これまでの日本側の多くの受け入れ施設、病院等は、日本の学生に対しては、職場説明会、職場見学会、職場職員との座談会等を実施し、丁寧なプロセスでの採用活動を実施しているが、技能実習生の採用において、受け入れ先の理念、方針、ミッションについて説明を行わず、いきなり面接を実施していた。また、送り出し機関も本国の技能実習生よりもビジネス優先で一人でも多く日本に送り出すことを優先してきた。このやり方は、日本での収入が高く魅力があった場合には成立していたが、他国と介護人材獲得の競争の厳しさが増す中で、現在の円安日本ではもう立ち行かなくなるといえるであろう。例え、ベトナムからの技能実習生の確保を諦めて、まだ日本との経済格差で呼び寄せることができる国をターゲットにしても、いずれその国も経済発展し、ベト

ナムのようになるであろう。果たして日本は、この繰り返しでよいのであろうか。

これから受入れ施設、病院等は、技能実習生の確保において、現地の送り出し機関に頼るのではなく、自ら現地に赴き、技能実習希望者に対して受け入れ法人の理念、方針、ミッション等そして、それらを具現化するための介護とキャリアパスを含めた技能実習の全体プログラムを説明することが重要である。

また、Kristof(2005)は、従業員の職務態度に対する P-O fit において、転職意思に対して有意な負の影響を及ぼすことを明らかにしており、技能実習 3 号または特定技能 1 号（介護）として引き続きの定着を技能実習生に望むのであれば、P-O fit への実践が求められる。

5. 参考文献

1. Bowen, D. E., & Ostroff, C. (2004). Understanding HRM firm performance linkages: The role of the strength of the HRM system. *Academy of Management Review*, 29(2), 203-221.
2. Wright, P. M., & Nishii, L. H. (2007). Strategic HRM and Organizational Behavior: Integrating Multiple Level Analyses. Working Paper 07-03. Cornell University School of Industrial and Labor Relations Center for Advanced Human Resource Studies.
3. Eisenberger, R., Huntington, R., Hutchison, S., & Sowa, D. (1986). Perceived organizational support. *Journal of Applied Psychology*, 71(3), 500-507. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.71.3.500>
4. Rhoades, L., & Eisenberger, R. (2002). Perceived organizational support: A review of the literature. *Journal of Applied Psychology*, 87(4), 698-714. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.87.4.698>
5. Blau, P. M. (1964). *Exchange and Power in Social Life*. John Wiley & Sons.
6. Lee, C. H., & Bruvold, N. T. (2003). Creating value for employees: Investment in employee development. *International Journal of Human Resource Management*, 14(6), 981-1000. <https://doi.org/10.1080/0958519032000106173>
7. Lee, J., & Peccei, R. (2007). Perceived organizational support and affective commitment: The mediating role of organization-based self-esteem in the context of job insecurity. *Journal of Organizational Behavior*, 28(6), 661-685. <https://doi.org/10.1002/job.431>
8. Sady, K., Spitzmuller, C., & Witt, L. A. (2008). Good employee, bad business: An interactionist approach to workplace deviance. Presented at the Annual Meeting of the Academy of Management.
9. Lee, C. H., & Bruvold, N. T. (2003). Creating value for employees: Investment in employee development. *International Journal of Human Resource Management*, 14(6), 981-1000. <https://doi.org/10.1080/0958519032000106173>
10. Cable, D. M., & Judge, T. A. (1994). Pay preferences and job search decisions: A person-organization fit perspective. *Personnel Psychology*, 47(2), 317-348. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1994.tb01727.x>
11. Chatman, J. A. (1989). Improving interactional organizational research: A model of person-organization fit. *Academy of Management Review*, 14, 333-349.
12. Sekiguchi, T. (2004). Person-organization fit and person-job fit in employee selection: A review of the

- literature. *Osaka keidai ronshu*, 54(6), 179-196.
13. Vancouver, J. B., Millsap, R. E., & Peter, P. A. (1994). Multilevel analysis of organizational goal congruence. *Journal of Applied Psychology*, 79(5), 666-679. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.79.5.666>
 14. Murray, H. A. (1938). *Explorations in Personality*. Oxford University Press.
 15. Nadler, L., & Nadler, Z. (1989). *Developing Human Resources: Concepts & a Model* (3rd ed.). Jossey-Bass.
 16. Chatman, J. A. (1991). Matching people and organizations: selection and socialization in public accounting firms. *Administrative Science Quarterly*, 36(3), 459-484. <https://doi.org/10.2307/2393204>
 17. Rhoades, L., & Eisenberger, R. (2002). Perceived organizational support: A review of the literature. *Journal of Applied Psychology*, 87(4), 698-714. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.87.4.698>
 18. Cable, D. M., & DeRue, D. S. (2001). The convergent and discriminant validity of subjective fit perceptions. *Journal of Applied Psychology*, 87, 875-884.
 19. Cammann, C., Fichman, M., Jenkins, G. D., & Klesh, J. R. (1983). Assessing attitudes and perceptions of organizational members. In: Seashore, S. E., Lawler, E. E., Mirvas, P. H., & Cammann, C., (Eds.). *Assessing Organizational Change: A Guide to Methods, Measures, and Practices*. Wiley.
 20. Kristof-Brown, A., Zimmerman, R., & Johnson, E. (2005). Consequences of individuals' fit at work: A meta analysis of person-job, person-organization, person group, and person-supervisor fit. *Personnel Psychology*, 58(2), 281-342.
 21. Kristof, A. L. (1996). Person-organization fit: An integrative review of its conceptualizations, measurement, and implications. *Personnel Psychology*, 49(1), 1-49. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1996.tb01790.x>
 22. Kanungo, R. N. (1982). Concept and measure of job involvement. *Applied Psychology: an International Review*, 39(4), 293-306.
 23. Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator-mediator variable distinction in social psychology research: conceptual, strategic and statistical considerations. *Journal of Personality & Social Psychology*, 51(6), 1173-1182. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.51.6.1173>
 24. 竹内倫和, 2009. 「新規学卒就職者の個人-環境適合が組織適応に及ぼす影響: 個人-組織適合と個人-職業適合の観点から」『産業・組織心理学研究 1: 第22巻 第2号』p97-114.
 25. 鄭 有希, 2011 「人材開発施策が従業員の職務態度に与える影響過程—個人-環境適合の媒介効果—」『日本経営学会誌』 第27号.p41-54.

研究題目	食パンの副材料としてのエゴマの搾りかすの有用性に関する研究
機関名	富山短期大学
研究代表者	食物栄養学科・講師・角田香澄
分野	食品衛生、食品加工
キーワード	エゴマの搾りかす、食パン、抗真菌作用、 α -リノレン酸

1. 研究の背景と目的

エゴマは東南アジアに広く分布するシソ科の植物で、富山県をはじめとする日本各地で栽培されている。エゴマの種子を圧搾して得られるエゴマ油は、 ω -3系脂肪酸の1つである α -リノレン酸やロスマリン酸等のポリフェノール類が豊富に含まれており、生活習慣病の予防効果等が期待されることから、広く食されている。一方、エゴマ油の製造過程で生じるエゴマの搾りかすは、エゴマ油と同様に、 α -リノレン酸やポリフェノール類等の有用な成分が残存しているにもかかわらず、一部が飲食物の加工の際に利用されるのみで、ほとんどが廃棄されている。

総務省の家計調査によると、2020（令和2）年～2022（令和4）年の食パンの購入量の全国平均は20.284kgで米の約の1/3量にあたる（総務省家計調査結果）。食パンは、我々の食生活において主食として食されている食品の1つであるが、水分を約50%含み、*Moniliella*属等の真菌や*Bacillus*属の細菌による変敗が起こりやすい。微生物による変敗を防止する為の方法の1つにプロピオン酸塩等の化学物質の添加があげられるが、添加により食パンの風味を損なう可能性がある。そのため、風味を損なう可能性の少ない抗菌物質を添加することが望ましい。

本研究では、廃棄されることが多いエゴマの搾りかすの有効利用を目的とし、我々の食生活においてなじみのある食品の1つである食パンの副材料としてエゴマの搾りかすが有用かどうか検討した。有用性は、エゴマの搾りかすの抗真菌作用、抗菌作用および、エゴマの搾りかす添加食パン中の α -リノレン酸残存率の測定と官能評価結果から評価した。

表1 エゴマの搾りかすの栄養成分(100g 当たり)

成分項目	エゴマの搾りかす
エネルギー(kcal)	351
たんぱく質(g)	33.7
脂質(g)	12.7
糖質(g)	10.8
食物繊維(g)	29.1
α -リノレン酸(mg)	5800

2. 研究方法

I. 実験材料

食パンを調整するには、強力粉（日清製粉株式会社製、商品名：カメリヤ）、砂糖（伊藤忠製糖株式会社製、商品名：上白糖）、食塩（公益財団法人塩事業センター製）、無塩マーガリン（株式会社明治製、商品名：ケーキマーガリン）、ドライイースト（株式会社日清製粉ウェルナ製、商品名：スーパーカメリヤ）を用いた。エゴマの搾りかすは、健菜堂製を用い、ミルサー（コンエアーージャパン合同会社）で粉末状にした後、実験に使用した。プロピオン酸カルシウムは丸紅商会製、グリシンは日本ガーリック株式会社製を用いた。

II. 食パンの調整

試料の食パンは、ホームベーカリー（Panasonic 株式会社製、商品名：ホームベーカリー）を用いて標準コースで作成した。標準コースは、ねり→ねかし→ねり→発酵→焼き上げの順に行われ、約4時間で食パンが完成した。本実験では、無添加食パン、エゴマの搾りかす添加食パン、プロピオン酸カルシウム添加食パン、グリシン添加食パンの4種類を調整した。各食パンの材料の分量は、中野らの分量を参考に設定した（表2）。

食パンは、焼成後クリーンベンチ内で1時間放冷し、食パンカット機（スケーター株式会社製、商品名：食パンカットガイド DX）を用いて約16cm×約12.5cm×約1cmにカットした。カットした食パンは、クリーンベンチ内で1枚ずつ無菌的に滅菌袋に包装し、実験試料とした。

表2 材料の分量

	食パン (無添加)	食パン(+エゴマの搾りかす)				食パン (+プロピオン酸 カルシウム)	食パン (+グリシン)
		0.2%	5%	10%	20%		
強力粉(g)	270	270	270	270	270	270	270
砂糖(g)	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
食塩(g)	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
マーガリン(g)	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
ドライイースト(g)	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05
エゴマの搾りかす(g)	-	0.54	13.5	27.0	54.0	-	-
プロピオン酸カルシウム(g)	-	-	-	-	-	0.54	-
グリシン(g)	-	-	-	-	-	-	13.5
水(mL)	175.5	175.5	175.5	175.5	175.5	175.5	175.5

Ⅲ. 真菌数の測定

実験には、無添加食パン、0.2%、5%、10%、20%エゴマの搾りかす添加食パンおよび0.2%プロピオン酸カルシウム添加食パンを用いた (n=3)。30℃に設定した乾燥機内に、実験試料を15日間放置し、0、3、6、9、15日目の真菌数を測定した。真菌数の測定には、クロラムフェニコール（富士フィルム和光純薬株式会社製）添加ポテトデキストロース寒天培地（日水製薬株式会社製）を用いた。25℃で5日間培養を行った後、コロニー数を測定し、実験試料1g当たりの真菌数を測定した。実験に用いた器具類は、すべて滅菌して使用した。

Ⅳ. 大腸菌および大腸菌群数の測定

実験には、無添加食パン、5%エゴマの搾りかす添加食パン、5%グリシン添加食パンを用いた (n=3)。エゴマの搾りかすおよびグリシンの添加量は、角野らの研究に基づき、強力粉の5%量とした。30℃に設定した乾燥機内（温度：27.7±0.09℃、湿度：2.22±7.06%）に、実験試料を15日間放置し、0、3、6、9、15日目の大腸菌および大腸菌群数を測定した。大腸菌および大腸菌群数の測定には、XM-G寒天培地（日水製薬株式会社製）を用いた。35℃で20時間培養を行った後、コロニー数を測定し、実験試料1g当たりの大腸菌および大腸菌群数を測定した。実験に用いた器具類は、すべて滅菌して使用した。

Ⅴ. α -リノレン酸含有量の測定

実験には、無添加食パン、0.2%、5%、10%、20%エゴマの搾りかす添加食パンおよびエゴマの搾りかすを用いた。

各試料中の総脂質はクロロホルム・メタノール溶液（2:1）を用いて抽出した。得られたサンプルに内部標準溶液（2mg/mL トリデカン酸（13:0））を加え、溶媒を除去した。その後、0.5mol/L水酸化ナトリウムメタノール溶液を添加し、100℃10分加熱してケン化を行った。さらに、三フッ化ホウ素メタノール錯体メタノール溶液を添加し、100℃5分加熱しメチル化を行った。メチル化した脂肪酸にヘキサンと飽和食塩水を添加して攪拌し、冷蔵庫で20分程度冷却した後ヘキサン層をサンプル液とした。サンプル液中の脂肪酸含有量は、ガスクロマトグラフィー（Shimadzu製、GC-2010Plus）を用いて測定した。測定結果をもとに試料100g中の α -リノレン酸含有量を求めた。カラムは、キャピラリーカラム（GLサイエンス社製 TC-70、内径0.25mm、長さ60m）を用いた。実験には、すべて試薬特級を用いた。

Ⅵ. 官能評価

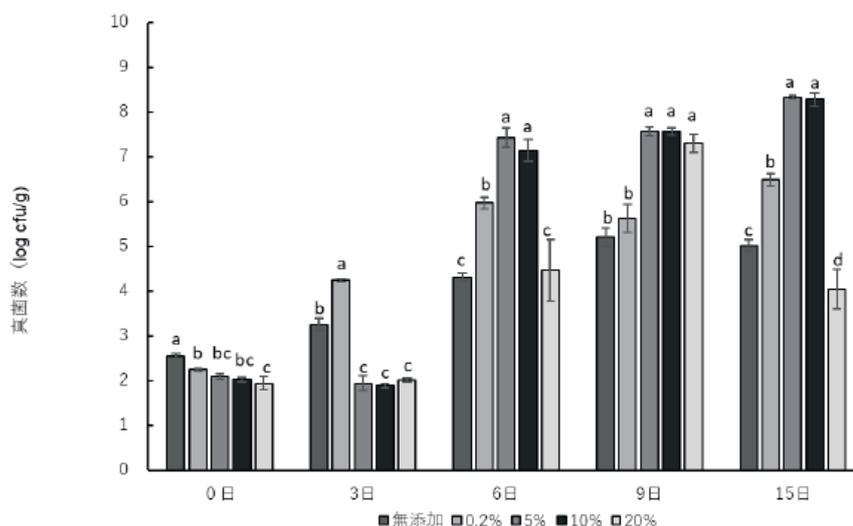
焼成後1日室温で保存した無添加食パンと抗真菌作用が確認された20%エゴマの搾りかす添加食パンについて、本学専攻科生11名（男性1名、女性10名）を対象に、-2点から2点までの評点法により官能検査を行った。評価項目は、見た目、匂い、味、食感、食べやすさ、総合の6項目とした。

3. 研究成果

I. エゴマの搾りかすの抗真菌作用

本研究では、エゴマの搾りかすを強力粉の20%量添加すると、9日目を除いて食パンに付着した真菌の増殖が抑制された(図1)。エゴマの搾りかすに想定される抗真菌作用のメカニズムには、ポリフェノール化合物の一種であるロスマリン酸が関与する可能性がある。ポリフェノール化合物は、疎水性であるためリン脂質からなる細胞膜を透過しやすい性質を持っている。透過したロスマリン酸の水酸基が水素イオンを電離し、真菌細胞内のpHが変化した結果、酵素が不活化され、真菌の増殖が抑制された可能性が考えられる。

なお、6日目以降は、強力粉の0.2、5、10%添加すると、無添加と比較してむしろ真菌が増殖した。これは、抗真菌作用を発揮するために必要な量のロスマリン酸が含まれていなかったため、付着した真菌が、エゴマの搾りかす中の糖質を用いて増殖した可能性が考えられる。以上の点から、食パンに添加する際には、添加量に注意する必要がある。



異なる文字間に有意差あり ($p < 0.05$, Tukey検定による)

食パンは30℃に設定した乾燥機内(温度: $27.8 \pm 0.40^\circ\text{C}$ 、湿度: $25.5 \pm 3.75\%$)で放置した ($n=3$)。

図1. エゴマの搾りかすの添加量が真菌の増殖に及ぼす影響

II. エゴマの搾りかすの抗菌作用

本研究では、エゴマの搾りかすの添加の有無にかかわらず、食パンから大腸菌および大腸菌群は検出されなかった(データ非掲載)。食パンの作成中に付着した大腸菌および大腸菌群は、焼成の過程で死滅したと考えられる。また大腸菌群は空気中にも存在するため、焼成後の食パンに付着し検出されると考えたが検出されなかった。この結果は、エゴマの搾りかすには、抗菌作用もある可能性を示している。エゴマの搾りかすに想定される抗菌作用にも、ロスマリン酸が関与する可能性があるが、その機序は不明である。

Ⅲ. エゴマの搾りかす添加食パン中の α -リノレン酸含有量および残存率

本研究の結果、焼成後の食パン中にも α -リノレン酸が95%以上残存していることが明らかになった(図2)。抗真菌作用が確認された20%エゴマの搾りかす添加食パンを1枚(60g)食べると、約0.4gの α -リノレン酸を摂取することが可能である。これは、10歳代から40歳代の ω -3系脂肪酸の目安量(日本人の食事摂取基準2020年版)の1/4にあたる。

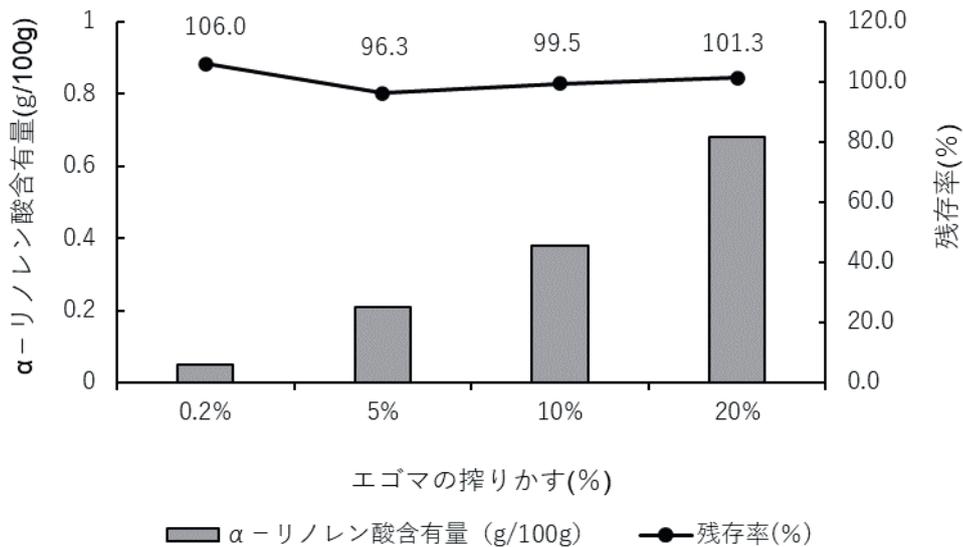


図2 α -リノレン酸含有量および残存率

Ⅳ. エゴマの搾りかす添加食パンの官能評価

無添加食パンと抗真菌作用が確認された20%エゴマの搾りかす添加食パンの官能評価を行ったところ、全ての項目において、20%エゴマの搾りかす添加食パンの方が、点数が低かった(図3)。自由記述の感想において、20%エゴマの搾りかす添加食パンは、パサパサ、ザラザラしているが香りは良いという評価であった。本研究では、調理の簡便性と製パン性の維持の観点から、強力粉を置換するのではなく、エゴマの搾りかすを付加して実験を行った。この点も評価結果に影響を与えた可能性がある。

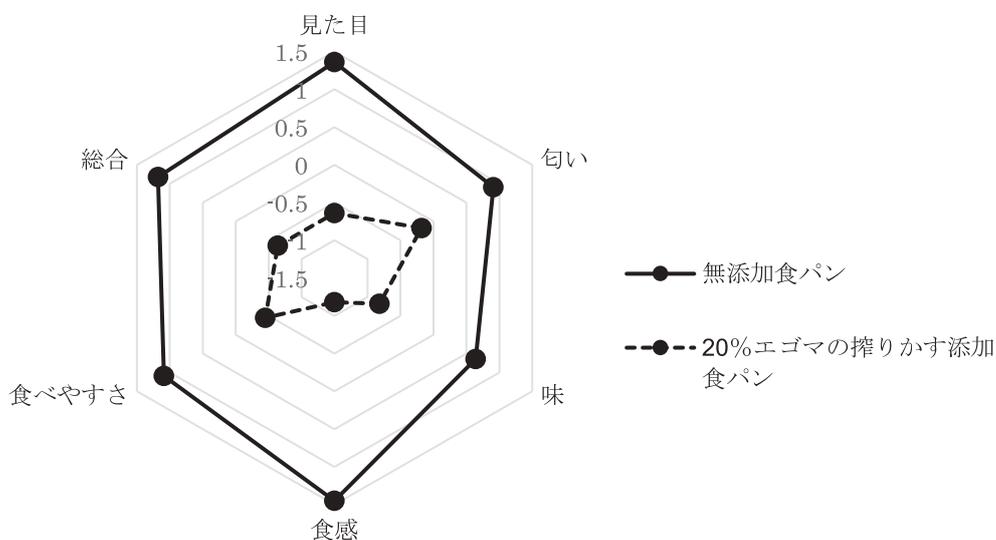


図3 官能評価の比較

4. 今後の展望

本研究は、エゴマの搾りかすが食パンの副材料として有用である可能性を示した最初の報告である。今後は、エゴマの搾りかす添加食パン中のロスマリン酸量を測定することで、エゴマの搾りかすに想定される抗真菌作用のメカニズムにロスマリン酸が関与することを実際に明らかにする。さらに抗真菌作用を得られる閾値を詳細に検討したうえで、焼成後の食パンの物性測定を進めていく予定である。また、予備実験の段階ではあるがエゴマの搾りかす添加食パンには抗酸化性もある可能性があるため、この点からも今後さらに実験をすすめていく予定である。

最後に、実験にご参加いただいた富山短期大学専攻科食物栄養専攻修士の荒井晴香さんにこの場をかりて深謝申し上げます。

5. 参考文献

1. 吉村 幸江, 伊藤 茂: エゴマの成分と加工利用時の成分変動, 愛知県農業総合試験場研究報告, pp. 103-108, 35号(2003)
2. 内藤 茂三, 関 啓数, 水野 龍二: 食パンから分離したエタノール耐性カビの生育性状と汚染源, 日本食品微生物学会雑誌, pp. 181-187, Vol. 17, No. 3(2000)
3. JiEun Yun, Dong Gun Lee: A novel fungal killing mechanism of propionic acid, FEMS Yeast Res. 2016 Nov;16(7):fow089. doi: 10.1093 / femsyr / fow089.
4. 中野 淳子, 大羽 和子: 食パンの物性および食味特性に及ぼす緑黄色野菜粉末添加の影響, 日本家政学会誌, pp. 321-329, Vol.46, No. 4(1995)

5. 角野 猛, 会田 久仁子, 島貫 光治郎, 等々力 達也 : グリシンと塩化ナトリウム
の *Bacillus* 属増殖抑制作用について, 調理科学, pp.132-137, Vol. 19, No. 2(1986)
6. EZR : BoneNarrowTrnasplantation,2013:48, 452-458
7. 公益社団法人日本栄養士会 編 : 管理栄養士栄養士必携一データ・資料集一,
2022 年度版, 第一出版株式会社, p12(2022)

研究題目	後期高齢者に変わる極厳環境下で働く遠隔操作ロボットの繰り返し 負荷耐久特性に関する基礎研究
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	機械システム工学科・准教授・石黒 農
分野	環境保全学、社会・安全システム科学、農業工学
キーワード	限界集落、消滅可能性都市、地域再生、地域創生

1. 研究の背景と目的

未来の出来事を予測して正確に言い当てることは不可能である。しかし、ある閉じられた系を想定した場合に限り、その考慮している系の物理現象を常微分方程式の連立方程式として取り扱い、その推移を予測として用いる科学的手法は、数学や工学の分野で古くから用いられていることが一般的に知られている。まだまだ盛んに研究が行われている分野であるが、微分方程式系またはシステムという学術用語が割り当てられ、その研究結果の派生として、システム制御、生産システム、社会システムなどが誕生したのは周知である【1-4】。また、システムに関する研究の成果として、オペレーション・リサーチ分野では、人口統計を用いた地域や国の趨勢を予測する試みは古くから行われており、持続可能な世界平和に関する大きな社会的貢献の成果を得ている。例えば、E. トッド【5】による「出生数=将来の死亡数」という状況の下で、乳児死亡率と各年代の変死数の統計解析から、考慮している社会システムが正常であるか、不全状態に陥っているかを推論・予期できたことは世界に衝撃を与えた。システムに関する研究に関して、現代では様々な領域・分野において膨大な量のストレステストの結果がWEB上で、無料で共有されている状況である。

その様な状況の中で2000年頃の日本国の様々な統計データを基にした将来計画が発表されている【6-12】。その将来予測のなかで、「2042年頃には人口減少が著しく進行した富山県内で消滅可能性都市・集落が発生するのではないか？」と、いう危惧が予測されていることが研究者以外の一般の市民にも広く知れ渡るようになってきた【13, 14】。申請者は、長く人口減少問題について研究を行っており、以前、人口減少問題に関する日本国を代表する研究者の大野【7】が1990年代に消滅予想した高知県の中山間部の町村役場に電話調査を行い、実際に大野の予想した都市および地域の消滅予想が当たっていたか追確認を実施している。幸運なことに大野の調査に参加した行政担当者から直接その後の話を聞くことができた。その結果、大野が示した予想より10年ほど早く町村は消滅していることがわかった。大野が定義した地域消滅の通り、物理的に町村が消滅するわけではなく、極度に行政サービスを維持することが困難になったことによる町村統廃合による町村名と行政サービス拠点の消滅が発生していた。行政担当者によれば、基本的な街道沿いのインフラは、極度に不便になるものの消えることは無く、極端な人口減少が発生し、それに付随して行政サービスの効率が極端に低下したものの、「住民はそれらを受け入れ、将来を特に心配することなく幸せに生活している。」という明るい話も聞くことができた。また、行政担当者からの聞き取り調査において、極度に地域の住民人口が減っていく状況で新た

に発生した地域課題について順を追って教えてもらった。地域の住民が高齢化し、人口も減少していく中で地域の色々な共助作業が次々と破綻した経緯を聞き取り、申請者が長く現地調査している、山形・新潟・富山県でも共通する課題があることを確認することができた。他の地域の人口減少や、高齢化問題に第三者が心配する権限や余地は無いものの、申請者は富山県に住む当事者として富山県のためになる研究課題は無いかと、2009年頃から富山県の地域課題に関する研究を進めてきた。

研究を進めるにあたり、日本国における消滅可能性都市問題の先端研究者である増田【9】、山下【10】、河合【12】ら複数の著名人が共通して提言しているように、「長期的に継続して地域を活性化させるためには、プロダクトアウトの考えではなく、マーケットイン、ユーザーインの考えで対応が必要である。」と、いう。また、「既に日本のような利用可能な資源を最大限に利用し、効率の悪い事柄を削ぎ落とし、最適化して磨きあげられたシステムにおいて、人口拡大期から縮小期の潮目が変わる時期において、目標を見誤った施策を立ち上げれば、大きく空振りした施策がシステム全体を再起不能になるまで破壊する可能性がある。」と、いう。そのため、申請者は「現在の富山県および周りの地域・国との間の利益相反勘定を元にした将来対策を考えるのではなく、将来起こるワーストケースから逆算した、現在から対応可能な対策の模索」を試みている。富山県の調査結果【15】から色々な新規地域課題が明らかになっているが、その中で申請者の研究室の規模で対応できる課題として、住宅前の道路の個人除雪作業の軽減に関する研究を実施しており、後期高齢者によって共助除雪作業を行う自動除雪機械の開発および実用化に関する研究を実施している【16】。その研究過程で、提案機械の動作原理に関する研究【16】、極寒腐食条件における疲労特性評価に関する研究【17】、遠隔操作に関する画像処理 AI の適応に関する研究【18】を行っている。

現在、模擬試験用の「小型自動除雪機械の製作」や、「ビニルハウス側面除雪用のハイブリッド型無人自動遠隔操作可能除雪機」の開発などの実施を図っている。想定している作業機械は、数年のあいだ極寒および灼熱の環境に曝されることを想定しており、そのような状況でも継続して利用可能なことが求められる。想定する産業機械の設計に関して研究室でそのような極端な環境における機械要素部品の耐久データを持っていなかったため、機械要素部品の耐久データを取得することを目的に、申請研究では、後期高齢者によって、極端極寒環境下で働く遠隔操作機械・ロボットの機械要素部品の繰り返し負荷耐久特性に関する基礎研究を実施した。

2. 加速度劣化試験方法

極端寒環境下で働く遠隔操作機械およびロボットの要素部品の繰り返し負荷耐久特性を調査するために、図1に示す-19℃恒温槽を用いた機械要素部品の加速度劣化疲労試験を実施した。この装置は恒温槽内の温度を調節することが可能であるが、恒温槽内の湿度の調整や湿度を表示する機能は無く、加速度劣化試験を実施したものの、加速度劣化試験条件としては、-19℃雰囲気下で繰り返し試験を実施した。と、ということしか分かっていない。



図1 -19°C恒温槽

加速度劣化疲労試験では、図2のリレーモジュール、図3の押しボタン、図4の電動リニア・アクチュエータを疲労試験した。図2のリレーモジュールでは、負荷側の電圧を5V-DCおよび100V-ACとし、制御信号および動力電源のON/OFF利用を想定した繰り返し試験を実施した。図3の押しボタン試験では負荷側の電圧を100V-ACとし、駐車場などに設置されている消雪装置の動力電源のON/OFF利用を想定した。図4の電動リニア・アクチュエータは、定格24V-DCを与え、ロッドを最長まで伸ばしては、少し反転させ完全に除荷した後に、再度ロッドを最長まで伸ばすことで、繰り返し試験を行った。これによって、ロッドには除荷時0kgfと、負荷時150kgfの圧縮力を繰り返し負荷できる。往復動作に関する制御には汎用ワンボードマイコン Arduino UNO を用いた。

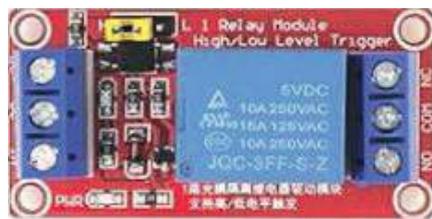


図2 リレーモジュール



図3 押しボタン



図4 電動リニア・アクチュエータ

図3の押しボタンの繰り返し試験は、図5に示すCNCスライダを用いた繰返し疲労試験機を製作し、物理的にOnとOffを繰り返す様にした。モータードライバーには、TB6600系のステッピングモータICを利用した。きめ細やかな制御を行うため、モータードライバーの上段に汎用ワンボードマイコンArduino UNOを用いた。移動上限と下限にマイクロ・リミットスイッチを設置し、上限と下限のスイッチのOn/Off状態をArduino UNOマイコンで常時監視し、それぞれのリミットスイッチの状態に合わせて、モーターが正転・反転する様にモータードライバーに制御信号を送信した。また、スイッチのOn/Off状態の判定には、マイコンのプルアップ抵抗に関する内部関数を用い、物理的なプルアップ回路を省略し、全体の電子制御回路を極力簡単にした。このような手法でフィードバック制御による繰返し疲労試験を実施した。スイッチ固定治具の製作では、ANYCUBIC社のKobra汎用3Dプリンターを利用した。3D図面作成にAutodesk社のFusionアカデミック版の3D-CADソフトウェアを用いた。3Dプリンター用のGコードデータ作成には、Ultimaker社のCura4.12.0スライサソフトウェアを使用した。

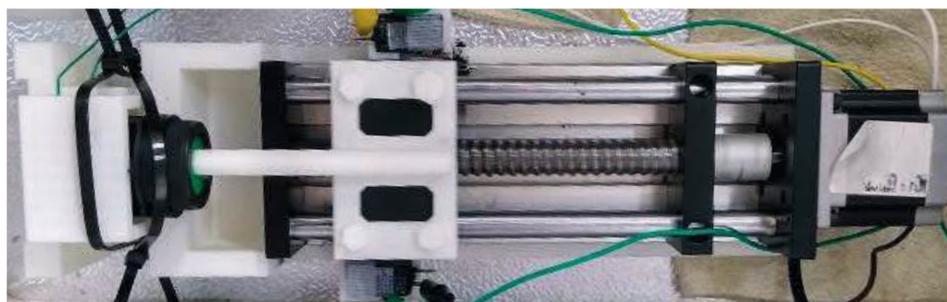


図5 押しボタン用の繰返し疲労試験機

加速度劣化疲労試験において、それぞれの疲労試験されている機械要素部品が正常に動作しているかの判定では、試験装置の負荷側に5Vまたは100Vで動作するLEDを取り付け、そのLEDの点灯と消灯で、スイッチのOn/Off状態の判定を行った。疲労試験は夜間問わず数カ月継続して連続実施されたため、汎用の防犯カメラを用いてLEDの点滅状況を撮影し、正常に試験が実施されているかの判定と繰り返し試験回数のカウントを行った。

3. 研究成果

3.1 機械要素部品の加速度劣化疲労試験の結果

加速度劣化疲労試験の結果、リレーモジュール、押しボタンは、繰り返し試験回数 $n = 10^7 = 1,000$ 万回以上正常に動作することが分かった。電動リニア・アクチュエータは、69万回繰り返し動作後に、装置の撮影のため停止させ、室温環境下で撮影後、24時間経過した後に再動作させようとしたら付属のモーターが動かなくなった。この試験に利用したモータードライバーは正常

動作していたため、モーターが何らかの理由で壊れたことが分かった。また、 $n=1,000$ 万回の押しボタンの疲労試験に使用した図5の試験機も、試験後に室温で数日放置した後に動作チェックを行ったところ、付属のモーターが動作しなくなった。この装置もモータードライバーは正常に動作しており、モーター単体が何らかの理由で壊れた。電動リニア・アクチュエータと CNC リニア・スライダに用いた製造会社および種類の異なるモーターは、どちらも -19°C 雰囲気で作させた後に室温に戻すと動作しなくなることが分かった。極寒から室温に戻る温度上昇によってモーターが壊れていることから、モーター配線材料、ブラシ部の材料、ハンダ、ケーシングの隙間埋め樹脂材料など、縦弾性係数や、線膨張係数の大きく異なる材料が、モーターが昇温される過程で、不均一に各所で膨張したことにより、熱ひずみが積算され、全体としてモーターの巻き線が断線したと考えられる。これは、憶測にすぎず今後原因究明と問題回避の検討が必要である。また、申請研究の結果、提案する加速度劣化疲労試験などを用いて機械要素部品の耐久性を事前にある程度明らかにしておく必要があることが分かった。

3.2 ビニルハウス屋根上積雪の自動除雪

続いて、図4に示したリニア・アクチュエータと同じ会社のストローク長の異なるリニア・アクチュエータを用いてビニルハウスの屋根上積雪の自動除雪について検討を行った。ビニルハウス屋根上の積雪と自動除雪後の風景が図6と図7に示されている。ビニルハウスを2023年11月1日から、2024年2月29日まで屋外に設置し、屋根上に積雪が発生した場合に、遠隔操作でビニルハウス内に設置したリニア・アクチュエータを動作させ屋根上積雪を除雪した。この期間中に富山市では、氷点下になる日が何度かあったが、電動アクチュエータは試験期間中に壊れずに動作可能であった。上述の加速度劣化試験の結果の様にモーターが壊れなかった理由として、試験期間中富山市では -5°C を下まわる日は無く、夜の冷却と昼の昇温によるモーターへの熱ひずみによるダメージが少なかったと考えられる。

ビニルハウスの屋根上積雪の自動除雪化では、積雪時にのみ QR コードが認識されるシートをビニ



図6 ビニルハウス屋根上積雪の風景



図7 ビニルハウス屋根上積雪の自動除雪後風景

ルハウスの天井に貼り付け、遠隔制御基地局に接続した 5000 万画素カメラで屋根上の積雪観察を行った。QR コードの認識は自動プログラムで行われ、積雪が発生したと判定した時に電動リニア・アクチュエータを制御し、ビニルハウス屋根上の雪を下から押し上げて、積雪をビニルハウスの天井に沿って滑落させ側面方向に除雪した。これらの一連の動作は自動プログラム化され、完全無人で自動除雪が可能であることが確認された。また、同時に作業者が手で遠隔装置を自由に動かして除雪できることも確認した。

3.3 遠隔装置の通信範囲の確認

続いて、遠隔制御装置の通信距離の確認を行った。シンガポールの提携校からの遠隔制御通信実験の風景を図 8 に示す。通信実験では、作成した自働プログラムを提携校先で動作してもらい、自動で日本国内の遠隔基地の装置にアクセスできるか確認を行った。計画通りにシンガポールから日本国のアクチュエータを遠隔操作できることを確認した。使用した通信網は、Japan SIM 社の Docomo MVNO 回線で、月額 500 円程度で利用可能なデータ SIM を用いた。この実験では、データ SIM であってもクラウドに繋ぐことができれば、5,000 km 離れた日本国外の遠隔地から、日本国内の遠隔制御が実施可能であることを確認した。

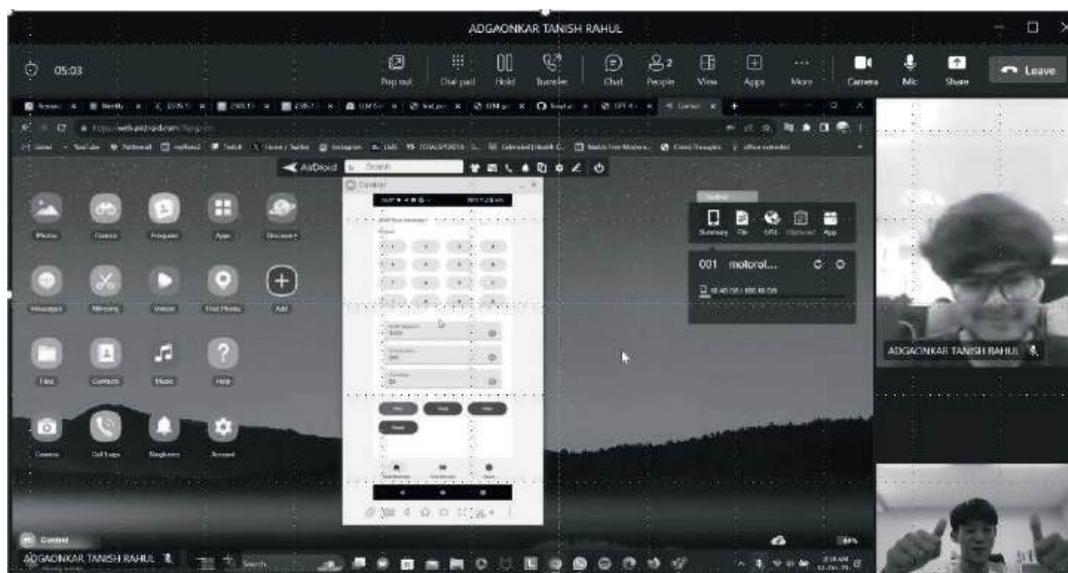


図 8 シンガポール提携校からの遠隔制御通信実験の風景

3.4 二種類のシリアル通信方法の確認

遠隔基地局から電動リニア・アクチュエータを制御する通信方法として、Bluetooth 接続による無線通信と、DTMF 技術を用いた有線通信の 2 つのシリアル通信方法を検討した。実験では、電動リニア・アクチュエータに接続されている制御用マイコンに無線および有線通信で基地局と相互通信させた。試験の結果、無線および有線通信のどちらの方法でも良好な相互通信が得られることが分かった。また、様々な DTMF 発音アプリが存在するが、使用する DTMF 通信アプリによって、使用するデコーダーが

反応しない場合が少数確認され、DTMF 発音アプリと DTMF 通信デコーダーの間に相性があることが分かった。遠隔地によっては、有線通信が有効であったり、無線通信が有効であったりするため、遠隔地の状況に対応した通信方法の選択肢が増えたことにより、より幅広い環境変化への対応が可能になった。

3.5 もちいる光源による画像 AI の認識率の変化

申請研究の応用として AI による夜間における道路除雪機、ビニルハウス除雪機、駐車場消雪機、流雪溝開閉器など様々な機械の自動化を想定している。AI に用いるカメラの周波数特性と光源の周波数特性の組み合わせによって画像 AI の認識率が変化することが容易に想像できた。そのため、カメラ測定部の光源の周波数特性を定量評価しはじめている。

遠隔基地局に搭載されたカメラで撮影された測位マーカを図 9 に示す。測位マーカはステンレス製の長尺にトナー印刷したマーカを貼り付け、その周りをポリエチレン製の防水フィルムで保護している。蛍光灯を用いるとフィルムの反射によってマーカが認識できない部分がある。一方、赤外線 LED を用いると人間の肉眼でもマーカを確り認識できている。想定通り「もちいるカメラと光源の組合せで画像 AI の認識率が変わってくる。」と、いう見通しができたので、続いてデジタル分光計を用いて画像測定部における光の周波数特性を評価した。

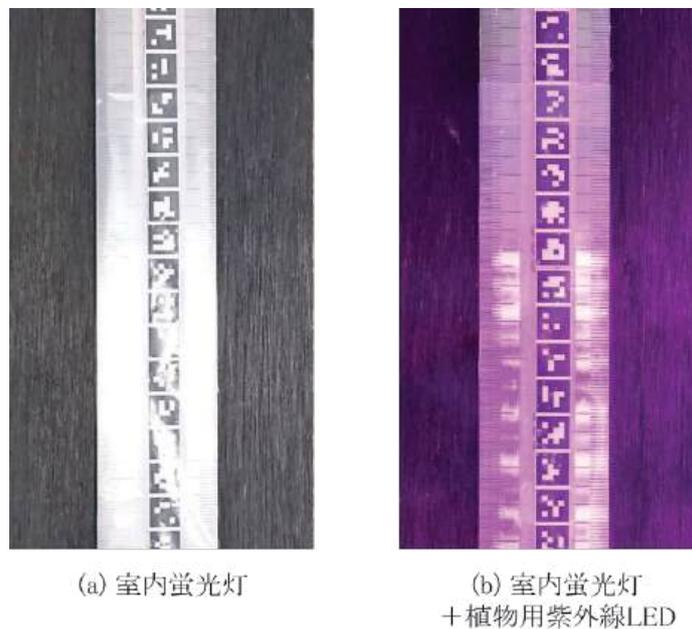


図 9 遠隔基地局に搭載されたカメラで撮影された測位マーカ

人間の目視感覚では光の照度は定量評価できないので、デジタル分光計を用いて画像測定部における光の周波数特性を評価した。画像測定部における光の周波数特性を図 10 に示す。実験に用いた植物用紫外線 LED の照度が他の光源より高いことが分かってきた。現時点で光源の周波数特性お

よび照度のどちらが画像 AI の認識率向上に寄与しているかは不明であるが、すくなくともデジタル分光計を用いることで、光の特性を定量的に議論できるようになってきた。

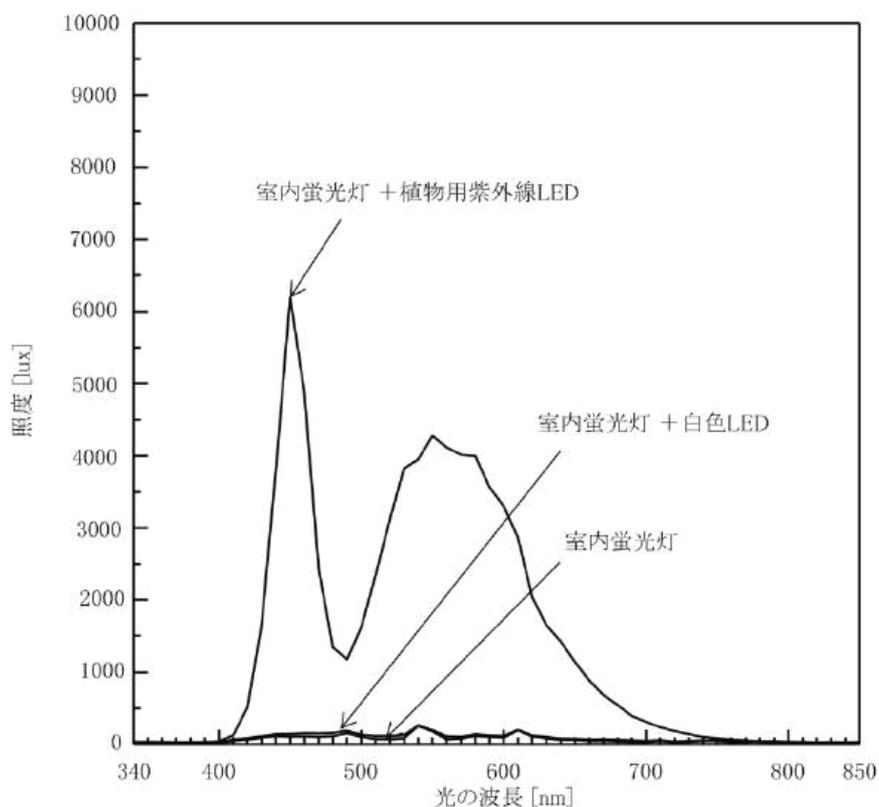


図 10 画像測定部における光の周波数特性

4. まとめ

冬季の寒冷地における極限環境下での機械要素部品の耐久特性が不明であったので -19°C の恒温槽を用いた機械要素部品の加速度劣化疲労試験を実施した。提案した方法で既存の制御部品がどの程度耐久性があるのか定量評価することができ、申請研究の成果から以下のことが分かった。

- (1) 冬の極環境を想定した加速度劣化疲労試験を提案し構築した試験装置を用いて機械要素部品の低温における疲労特性を評価できるようになった。
- (2) 市販されている汎用押しボタンスイッチは -19°C 雰囲気でも 1,000 万回の繰り返しの耐える。
- (3) 市販されている汎用の DC モーターは、 -19°C 雰囲気に保持されている状態では連続使用が可能であるが、一度室温に戻した後は熱ひずみによってモーターが破壊され使用できない。

- (4) 市販されている汎用の DC モーターは、 -5°C 雰囲気には保持され、その後室温に戻した後も使用可能であり、冷却時の到達温度の違いによって、モーターが使用できなくなる場合があることが分かってきた。
- (5) 提案する遠隔装置は自動プログラムで動作が可能であることが再確認され、5,000 km 程度の距離内であれば国外の遠隔地から日本国内に設置された提案機械の自動制御が可能であることが分かった。
- (6) 無線および有線のシリアル通信で容易に遠隔地の装置を操作可能であることが分かった。有線および無線通信の遠隔地の状況に対応した通信方法の選択肢が増えたことにより、より幅広い環境変化への対応が可能になった。
- (7) 画像処理 AI の測位マーカの認識率に関する光源の周波数特性を定量評価できるようになった。

5. 今後の展望

申請研究の展望として、引き続き後期高齢者に変わるマーケットイン、ユーザーイン要望から基づくマイノリティ産業機械やロボットの開発・設計・実現について検討を行っていききたい。実施したいことは、駐車場の消雪設備の起動停止制御、流雪溝設備の開閉制御、ビニルハウス屋根上積雪の自動除雪など多くある。直近の研究課題としては、全国で年間 100 億円程度の損害が続いているビニルハウスの積雪倒壊の回避を目的に、ビニルハウスの完全無人自動除雪に関して検討を行っていききたい。また、夏場の地域課題として“無人自動遠隔操作可能”な「草刈り機」、「集塵機」が必要との要望が少数あるため、そのようなマイノリティ・メカの開発も同時並行で行っていききたい。創出しようとしている自働機械の適用では、 40°C を越える炎天下環境での機械要素部品の疲労特性が必要であり、炎天下での提案機械の各種機械要素部品の耐久特性を今後評価していききたい。

この研究は、申請者独自の統計分析および様々な研究者の統計分析結果を元に、著しい人口減少が発生することが危惧される地域の新規社会課題に関する研究を 2009 年頃から 30 年の長期計画で実施しています。申請者の予想が将来現実化するかは分からない様なかで研究助成をいただいたことに感謝します。「富山を良くしたい。」と、願う派閥を越えた多くの人達の多大な御支援を賜りありがとうございました。「富山を良くしたい。」と、願う気持ちがいつか富山の明るい将来につながる事【19, 20】。を願いながらこれからも富山県の生活が良くなる研究を続けていききたいと思います。

6. 参考文献

1. ドネラ H.メドウズ (著)“成長の限界: ロ-マ・クラブ「人類の危機」レポート”, ダイヤモンド社(1972).
2. エズラ F.ヴォーゲル (著), 広中和歌子 (翻訳), 木本彰子 (翻訳)“ジャパニアズナンバーワン: アメリカへの教訓”, 阪急コミュニケーションズ (1979).
3. 鈴木弘 (編集), “塑性加工(改訂版)”, 裳華房 (1980) .
4. ドネラ・H・メドウズ (著), 枝廣淳子 (翻訳)“世界はシステムで動く —— いま起きていることの本質をつかむ考え方”, 英治出版 (2015) .
5. エマニュエル・トッド (著), 石崎晴己 (翻訳), 中野茂 (翻訳)“最後の転落 [ソ連崩壊のシナリオ]”, 藤原書店 (2013) .
6. 松谷明彦 (著), 藤正巖 (著), “人口減少社会の設計: 幸福な未来への経済学”, 中央公論新社 (2002) .
7. 大野晃 (著)“山村環境社会学序説: 現代山村の限界集落化と流域共同管理”, 農山漁村文化協会 (2005) .
8. 鬼頭宏 (著)“2100年, 人口3分の1の日本”, KADOKAWA (2011) .
9. 増田寛也 (著)“地方消滅 - 東京一極集中が招く人口急減 ”, 中央公論新社 (2014) .
10. 山下祐介 (著)“地方消滅の罨: 「増田レポート」と人口減少社会の正体”, 筑摩書房 (2014) .
11. “別冊宝島 2299号 図解ひと目でわかる地方消滅”, 宝島社 (2015) .
12. 河合雅司 (著)“未来の地図帳 人口減少日本で各地に起きること”, 講談社 (2019) .
13. 北日本新聞, “2市3町「消滅可能性」”, p1, 2024年4月25日, 49338号.
14. 北日本新聞, “県人口100万人割れ”, p1, 2024年5月2日, 49345号.
15. 富山県の調査報告書: “富山県の中山間地域における集落の生活状況等に関する実態調査の結果概要”, 2021年2月24日, <https://www.pref.toyama.jp/> .
16. 石黒農, 高崎皓平, 中田優一, 毛利亮太, 和田亘, 高専教育 37号, pp225-228 (2014) .
17. 石黒農“限界集落排雪補助押し出し装置の創出に向けた押し出しダイス形状および圧縮高圧力容器の寒冷地疲労破壊条件の検討 ”, 公益財団法人 富山第一銀行奨学財団 (2017) .
18. An Easy Snowpack Depth Evaluation Using Smartphone, Bluetooth Device, and Augmented Reality Marker of Open Computer Vision Package. Minoru Ishiguro, Yotsumi Yoshii, Toshimasa Chaki, Keigo Kasaya, MDPI Sustainability, Vol. 15, Issue 11, 8887, pp.1-20 (2023).
19. マイケル E. ポーター (著), 竹内弘高 (翻訳), DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー編集部 (翻訳), “[新版]競争戦略論I”, ダイヤモンド社 (2018).
20. マイケル E. ポーター (著), 竹内弘高 (翻訳), DIAMOND ハーバード・ビジネス・レビュー編集部 (翻訳), “[新版]競争戦略論II”, ダイヤモンド社 (2018).

研究題目	ナノ・マイクロ粒子分散液の配列凝固とその材料特性評価
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	商船学科・准教授・経田僚昭
分野	伝熱工学，材料工学，振動工学
キーワード	超音波，複合材料，マニピュレーション，周期配列

1. 研究の背景と目的

バルク形成後の材料性能は形成途中，すなわち融液凝固中の微視的な組織の時空間変化に由来する．本申請課題は超音波マニピュレーション技術を複合材料形成過程に適用することで母材組織と強化材の分散状態を同時に操作する複合材料の組織制御方法を提案することを目的とする．その取り組みの成果によってミクロな微細組織と強化材寸法に超音波を作用させて材料の構造に依存する特性を発現させる．さらに，その組織・構造制御の結果は材料特性の異方性を付与することができるため，効率的なエネルギー輸送に資する新技術の実現に貢献する．

超音波を材料製造過程に適用することで材料形成後の特性を改善する取り組みは金属材料に付与した音波の攪拌作用で核生成サイトを増加させて合金組織の微細化を図る報告がある [1]。また，本研究で提案するような複合材料を対象に，母材中に分散する強化材の配置を超音波によって制御できれば，母材の組織制御と混合される強化材の操作を両方同時に実現する手法になる．すなわち，他研究との差異は，複合材料に超音波を適用する本申請課題によって母材と強化材の両方を超音波で制御できることにある．本助成金にて超音波マニピュレーション技術を凝固場に適用する知見を得て，複合材料の特性を制御する所望の特性を得る方法を示した．

2. 研究方法

2-1 超音波マニピュレーションにおける力学場

ここで，複合材料中に作用させる超音波によって強化材配置を操作する力学場の詳細を記述する．液中に作用するマニピュレーションの駆動力は音響放射圧による力に基づく．放射圧による強化材に作用する力， F は

$$F = V[B + (1 - \gamma)]k \frac{A^2}{\rho_0 c_0^2} \sin 2kx, \quad (1)$$

となる [2]．式(1)は空間座標での変動を示しており，振動子の断面に対して垂直方向に音波が伝播し，その音波伝播方向を x 方向としている．ここで， V は強化材粒子の体積， B は母材，および強化材の密度 ρ_0, ρ より， $B = 3(\rho - \rho_0)/(2\rho + \rho_0)$ で得られる係数である． γ は母材，および強化材

の圧縮比の比 β_0, β より、 $\gamma = \beta/\beta_0$ である。 k は波数で波長の逆数を含む ($= 2\pi/\lambda$)。 式(1)より、音響放射圧による力は空間座標 x に対して周期的な変動を伴い、半波長 ($\lambda/2$) の間に3点の正負が逆転する“ゼロクロス”が現れる。 例えば、 F がプラスからマイナスに移行する点では粒子には正方向・負方向の対向する力が働くのでその合力は粒子を補足する力となる。 一方、マイナスからプラスに移行する力は粒子をその場所から移動させる強制力となる。 補足する力のはたらくきは粒子の停滞となるため、半波長の空間スケールの中に粒子濃度の偏りが生じる。 粒子濃度の偏りが周期的に現れることで母材中の強化材の配列構造に周期性が発現する。 以上が強化材分散の周期性に直結するメカニズムである。

申請者の取り組みの一つに金属合金の音速計測の報告がある [3]。 合金融液と合金固化後の音速の違いを利用して液相、固相ならびに固液共存状態の相変化過程に超音波を入力する。 試料内を通過した波形を受信して送受信の時間差によって内部の不可視な状況を音速情報で把握する取り組みである。 固液共存状態や完全固化後でも内部を伝播する音波から **Time of Flight** で音速を特定する本手法が確立できたことで試料内部にも超音波を伝播させることができること、その結果、定在波音場を試料の凝固進行途中に形成できることを実証したことが本申請課題の基盤技術となっている。

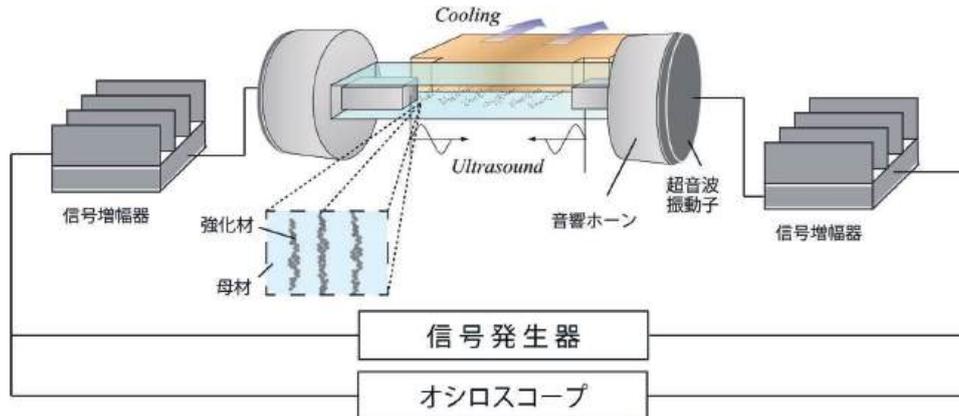
将来的には、金属材料を母材としながら金属からセラミクス、高分子材料（樹脂）までを網羅した相変化を伴う材料製造全般に応用できる手法の確立を目標とする。 超音波利用のメリットは融液（母材）と強化材（分散粒子）の組み合わせを幅広い種類とサイズで対応できることにある。 すなわち、材料の強度（伸びやすさや壊れやすさ）はもとより、熱の伝わり方・電気、光、音響の伝搬のしやすさへの異方性付与が超音波定在波で実現できる可能性を見出せることに本手法の将来性がある。 構造の制御はメタマテリアルの実現を期待させる。

以上、合金材料の形成における凝固過程シーケンス、すなわち液相・固液共存相・固相の逐次変化に着目し、このプロセスにおける組織形成が固化後の材料特性を決定づけ、その前提に基づく材料改質方法を提案する手法を示すことが本申請課題の目的である。 さらに、超音波で融液から固化に至る相変化プロセスに能動的な力学場を形成することで母材凝固組織の微細化を行いながら、母材とは別に異種材料、すなわち強化材を添加した複合材料の強化材の分散状態も同時にコントロールする微小操作も行う。 複合材料における強化材の分散状態は材料全体の特性、すなわち弾性、強度、熱伝導、電気伝導、透明材料であれば屈折率に影響する。 混合する強化材の性質とその配列に依存する。 そこで、超音波を複合材料の形成過程に照射することで母材の改質と強化材の分散状態の制御を同時に達成する手法を提案するものである。

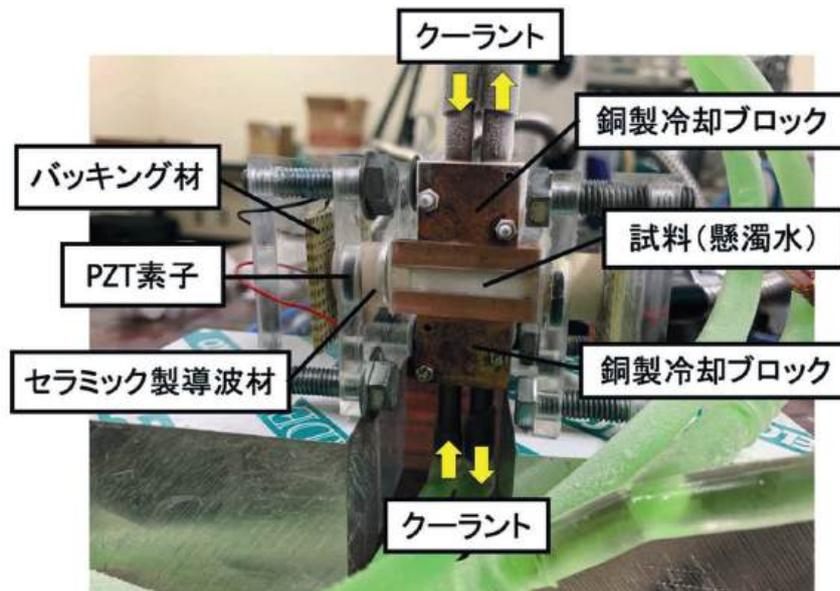
2-2 実験装置

材料融液を注入し、両端から超音波を印加する鋳型を設計、製作し、材料特性の評価を行った。 図 1 に装置の概要図(a)と写真(b)の両方を示す。 まず、母材を蒸留水、強化材をポリエチレン粒子として超音波を伝播させながら凝固進行を誘発させる装置を構築して添加した粒子を配列させながら母材凝固によって完全固化するまでの観察を行なった。 続いて、母材をパラフィン、強

化材を炭素粉末とすることで超音波による配列分散状態の試料作成を行う装置を設計・製作した。いずれも共振周波数 2.0 MHz の振動子を用意し、ファンクションジェネレータ、アンプからなる発振系統を確立した。試験部は透明アクリル製として超音波伝播に沿うように冷却面を設定した。冷却面を構成する銅板には -20°C の不凍液を循環させて試験部内部を氷点下以下まで冷却した。まずこの装置によって配列の確認と動的な凝固観察の両方を実施した。



(a) 超音波による配列観察装置の試験部と超音波発信系統



(b) 超音波による配列観察装置の試験部の写真

図1 超音波配列観察装置

3. 研究成果

3-1 パラフィン融液におけるカーボン粒子の周期性観察

続いて、試料生成装置を鋳型に見立てて、母材をパラフィン、強化材をカーボン粒子とする複合材料成型装置を設計・製作した。湯煎によってパラフィン融液を用意し、任意の量の炭素粉末を混合させた。融液は十分攪拌した後に予熱させた鋳型に投入した。このとき、パラフィンは融

点 58-60 度を使用し、鋳型予熱温度は 61 度とした。鋳型構造として上部開放型としており室温、大気圧での放熱によって融液温度が低下し、凝固点に達した段階で凝固が進行する。鋳型にパラフィンと炭素粉末の混合融液を投入直後に超音波を発振させて強化材粒子の周期配列を行う。粒子の補足とともに凝固が進行することで複合材料形成後にその内部では強化材が周期的に配列された構造を有する。本申請課題によってパラフィン内部での粒子配列が可能であることをまず観測によって確認することで室温下における材料評価ができる。本申請課題ではプローブを用いた通電実験を行うことで周期配列方向とその 90 度方向の通電特性評価を行うこととした。すなわち、 x 方向と平行な方向への通電と x 方向に対して垂直方向の通電特性の違いを実験によって確かめた。パラフィンは誘電体であり大きな抵抗値と誘電率を有する物質であるのに対して炭素はよく電気を通す物質であることの差が周期的構造の差で現れることを期待する実験とした。

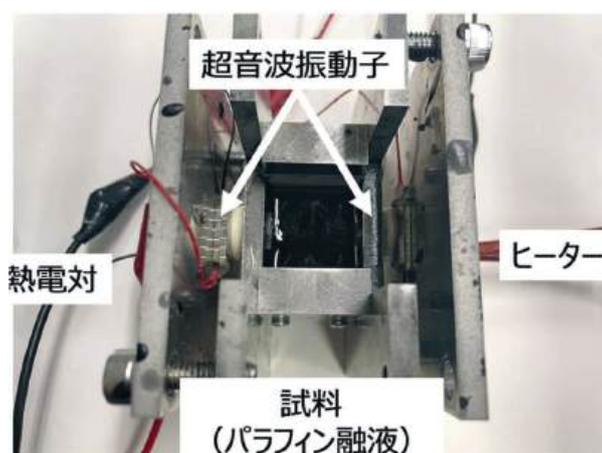


図 2 超音波配列試料作成装置

3-2 通電による導電性の評価

厚さ 0.5 mm の銅板を間隔 2.5 mm の間で高電圧 (1000 V) を印加した場合の電流の時間変化を把握する計測システムを確立した。電流計測用のプローブを図 3 に、得られた結果を考察するための等価回路モデルを図 4 に示す。適用させた絶縁抵抗 R_0 と直列に接続されたコンデンサ C_0 、そのコンデンサと並列に接続された抵抗 (漏れ電流の抵抗) からなる 3 要素の等価回路によって通電直後からのプローブ間電流を計測し、得られた結果から周期配列方向に対する通電電流の差異を示すに至った。具体的には x に対して垂直な方向は炭素粉末が集まった状態が通電経路となり超音波入力によって少ない炭素粉末で n (ナノ) A オーダーの電流値が確認された。同様の炭素粉末濃度では電流の確認ができず、配列によるより低濃度での通電が確認できた。構造に対して通電が容易い方向とそうでない方向ができるメリットは電力輸送の漏れを防ぐ構造となる期待ができる。具体的には輸送方向の抵抗値を小さく抑制し (超音波伝播方向と垂直方向、粒子高濃度領域を通電)、その周囲方向には高抵抗値となるような構造を実現できる。本研究課題は複合材料生成というよりもその生成方法に関する課題であることから通電実験だけでなく熱や

音波，光などのエネルギー伝播に対して方向性を付与する汎用性の高い方法を提案した位置付けとなる。



図3 通電実験用プローブ

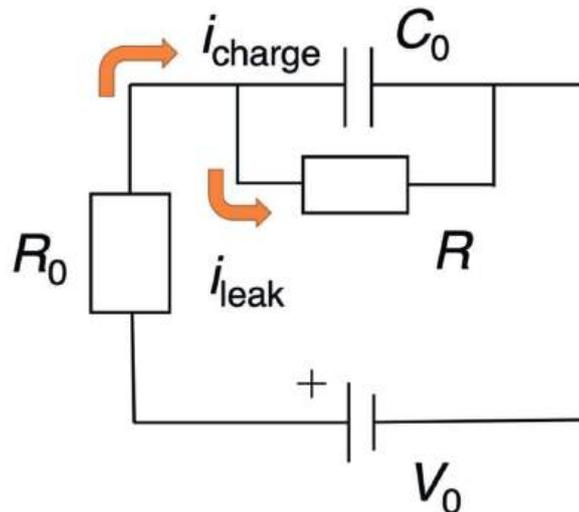


図4 等価回路図

4. 今後の展望

本申請課題の成果は，常温で固体を維持する材料にて融液からの凝固過程で超音波を連続入射し，強化材の配列を実現したこと，ならびに通電実験による材料評価を行えたことである．観察に基づく配列にとどまらず通電実験による電気的な評価は超音波マニピュレーション技術の効果を定量的視点で示す結果と言える．通電実験による評価は強化材配列の効果を示す一つの方法として採用しつつ，高電圧のかかる材料分野でも有益な組成を実現できたことも成果の一つである．近年，電気自動車分野などで高電圧に耐えることを前提とするキャパシタや抵抗などの素子の要望が後をたたないことや電気伝導の観点では違法性は通電方向から垂直方向へのエネルギーの漏れを抑制できる．電気に限らず熱や電磁波（光）においても輸送する方向とは異なる方向へのエネルギー損失は抑制できるのが異方性材料の長所である．

複合材料のメリットの一つには単組成材料ではあり得ない特性を異種材料の混合によって実現できることにある。本手法は混合のみならずその配列を調整パラメーターにできることにある。すなわち、混合量だけでなく配列間隔と配列の数を制御量にできる。式(1)で示すように超音波の波長の1/2の間隔でゼロクロスの領域を等間隔で交互に形成し、強化材の高濃度領域と低濃度領域を作り出せる手法である。同じ母材材料であっても超音波周波数を変更すれば高濃度領域の濃さと配列間隔が変わることになる。その場合に得られる特性も変わることが想像でき、取得したい特性を得られるような操作が可能になるものと期待している。また、超音波強度は強い力であれば高濃度領域と低濃度領域のコントラストの差が強く現れ、逆に弱い力であればコントラストが小さくなり超音波なしの分散状態と相違がなくなる。強化材の形状も粒子に留まらず繊維質であれば音響放射圧の力学場に置かれた作用する力が異なるものとなる。

以上、本結果で確立された超音波配列技術を複合材料に適用するアイデアは広く展開でき、母材と強化材の材質の変更、強化材の形状、超音波強度の変更、超音波の周波数の変更が所望する材料特性を得るための操作パラメーターとして期待できるものである。超音波は材料への浸透性が高く、不透明材料にも適用できるメリットがあることから適用できる材料の種類に制限がない。温度や圧力、寸法による制限は母材・強化材ではなく超音波源の振動子に求められ、その振動子の動作の条件が本手法の適用範囲を決定づける。

5. 参考文献

- [1] T. Yamamoto, S. V. Komarov, “Influence of ultrasound irradiation on transient solidification characteristics in DC casting process: Numerical simulation and experimental verification,” *J. Mat. Pro. Tech.*, **294**, 117116, (2021).
- [2] T. Kozuka, T. Tsuziuchi, H. Mitome, and T. Fukuda, “Noncontact Micro Manipulation Using an Ultrasonic Standing Wave Field in Water,” *Trans. Jpn. Soc. Mech. Eng. C*, **63**(608), 1279, (1997).
- [3] T. Kyoden, H. Yoshioka, N. Momose, and T. Hachiga, Array formation by ultrasound standing waves with solidification of liquid-suspended micro-particles, *J. Appl. Phys.*, **130**, 195109 (2021).
- [4] H. Yoshioka, T. Kyoden, and T. Hachiga, “Sound velocity during solidification in binary eutectic systems,” *J. Appl. Phys.*, **122**, 225109, (2017).

研究題目	富山県発祥のスポーツ「ビーチボール」愛好者の特性からレクリエーションスポーツの普及発展の未来を探る
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	一般教養科 講師・中村 祐太郎
分野	スポーツ社会学
キーワード	スポーツ振興、地域活性化、大会運営

1. 研究の背景と目的

スポーツにはその種目が有する競技性を重視した競技スポーツだけでなく、子どもから高齢者まで幅広く親しむことのできる生涯スポーツが存在する。また、この生涯スポーツは「いつでも・どこでも・誰とでも」行うことできるとされるレクリエーションスポーツが広く親しまれており、国民のスポーツ実施の受け皿としても効果的な役割を果たしている。レクリエーションスポーツの1つとして富山県朝日町で考案されたビーチボールというバレーボール型のスポーツがある。ビーチボールは昭和53年に誕生し（ビーチボール競技公式サイト, online）、現在では富山県内で親しまれているだけでなく、その裾野は全国に広がり、現在日本ビーチボール協会へ登録している都道府県が1都12県、日本ビーチボール協会には加盟していないが、活動チームの存在が確認されている都道府県が1道2府14県報告されている。特に発祥の地である富山県においては、学校の体育授業にも取り入れられているほか、様々な組合の相互交流の場としても活用されている。6人制バレーボールとの比較において、特に自己の体力や運動能力に自信のない者にとってはビーチボールの方が楽しい、各技術の難易度においてもビーチボールの方が易しいと感じられており、より幅広い層に親しむことのできるスポーツ種目として挙げられている（中村, 2021）。このようにビーチボールの誕生以降、かつてはマイナーであったビーチボールがここまで全国的に普及し、各地で取り組まれている現状は富山県の持つスポーツ資源として非常に興味深く、本種目を研究対象とすることで今後の富山県のスポーツ振興にとっても有益な知見をもたらすものと想像できる。

本研究では、2つの視点から調査研究を行う。1つはビーチボールがこれまで辿ってきた発展の経緯や普及の状況についてである。スポーツが社会化される過程には、個人的属性・重要な他者・社会化場面の3つの要素の存在が説かれている（Kenyon and McPherson, 1973）ことから、ビーチボールが誕生した際の実施対象、普及した人物、当時の状況について解明することで、ビーチボールがどのように社会に浸透し、種目としての市民権を得てきたのかを明らかにする。もう1つは、実際にビーチボール大会に出場しているプレイヤーへの大会サービスに焦点を当てて調査し、大会に参加しているビーチボールプレイヤーの属性とともに大会に対する満足度

ならびにより良い大会のマネジメント方策の検討を行う。大会に関する特定の満足度を高めることは、その大会への再参加動機につながり、開催地域への愛着も高めることが示唆されている（先森ほか，2014；井川ほか，2018；岡安・平野，2021）ことから、開催されたビーチボール大会において、そのサービスや運営状況等を実際に参加したプレーヤーへ調査を行うことで大会に関する満足度が如何なるものであったかを明らかにする。

以上のことより、本研究では富山県朝日町発祥のスポーツであるビーチボールの誕生の経緯や普及過程および大会へ参加しているビーチボールプレーヤーに関する属性、大会満足度を明らかにすることにより、今後ビーチボールがさらに発展していくための基礎資料を得ることを目的とする。本研究を通し、ビーチボールのみならず様々なレクリエーションスポーツの発展に寄与する研究となれば幸いである。

2. 研究方法

本研究の実施において2つの方法を用いて調査を進めた。1つは質的調査として日本ビーチボール協会会長を調査対象者とする半構造化インタビューを行った。調査対象者はビーチボールを誕生させた人物そのものであり、誕生から普及の歴史を最も把握している人物である。半構造化インタビューは標準化されたインタビューや質問票を用いた時よりも、比較的オープンに組み立てられた回答の自由度が高いインタビュー状況を作り出すとされていることから今回はこの方法を採用した。もう1つは第40回全国ビーチボール競技大会に参加した選手を対象とし、質問紙調査を実施した。調査の日程はいずれも大会会期中に行われ、インタビュー調査は2023年9月9日、質問紙調査は2023年9月9日および10日に行った。質問項目については、インタビュー調査では、①調査対象者の経歴、②ビーチボールの普及過程・状況について、③ビーチボールを取り組む対象について、④ビーチボールの今後の展望、発展性についてであった。質問紙調査では先行研究（棟田・松岡，2020）を参考に①基本属性、②ビーチボール大会に関する項目、③大会満足度に関する項目を設定し行った。質問紙調査については75件の有効回答が回収され、それらを分析で用いた。

分析方法は、インタビュー調査は得られたインタビューデータをもとに逐語録を作成し、実際に発話したデータと合わせ結果に記載した。質問紙調査では基本属性は単純集計を行い、図表にまとめた。大会に関する項目では、5段階リッカートタイプ尺度を用いて先行研究の要素との妥当性を検証するためクロンバックの α 係数を算出したのち、妥当性がみられたものについて要素ごとに平均値を算出した。大会満足度については要素内の平均値を総合的な満足度として算出したほか、総合的な満足度を従属変数、大会に関する項目を独立変数とした重回帰分析（ステップワイズ法）を実施し総合満足度を規定する要因を探った。なお、倫理的な配慮としてインタビュー調査および質問紙の冒頭に、回答者のプライバシー保護を適切に実施し、目的外使用は一切行わないことを明記し、同意が得られた者にのみ回答を依頼した。

3. 研究成果

1. 日本ビーチボール協会会長に対する半構造化インタビュー

研究の結果を表すにあたり、得られたデータのうち直接的に調査対象者が話した内容は斜体に、質問者である筆者が話す内容は太字にして示す。

(1)調査対象者の経歴について

会長のご経歴や、元々何をされていたかという部分をお聞かせください。

私は親父が戦争で亡くなって。だから生まれた時から田んぼの息子として育った。まあ家から出れなかったからね。その時に朝日町の住んでた地域の地区、そこが農村バレーの地区だった。これは農村やから腰曲がり。腰曲がりを起こすってやつ。そのために農村バレーをやる人が増えてきたの。それから朝日町は30年前かな。住んでた農村は14地区あるんだけどどこでも庭の広場でバレーをやっていた。

当時はバレーのルールとかそういうのあったのですか？ルールやどういうボールでとか。

いやいや。普通のバレーボール、9人制のバレーボール。

普通のバレーボールを長い間バレーの選手としてやっていた。私もその地区から出れない男やから。先輩にバレーをやれって言われて始めた。

調査対象者は県内農村地域で生まれ育ち、同地域で長くバレーボール活動を行っていた。当時の居住地域では農村地域ということもあり、腰曲がりが問題となっており、バレーボール競技を行うことでその問題を解消するべくバレーボール活動が盛んに行われていた。調査対象者はビーチボールの誕生時から関わっており、その後ビーチボール協会設立後、会長職として長く普及活動を行なっている。

(2)ビーチボールの普及過程・状況について

それからずっとバレーをやってきて、地域が農村じゃなくなっちゃったから、そのバレーも衰退していったわけだ。それから街へ行ってバレー農村の中高年齢層に適したものを作ろうということで私が提案をして、海岸で遊んでいるビーチボール、海のボール、あれを使ってバレーボールをやったのがスタートで、そのうち、(知っている)会社の社長にボールを考案してくれって言って、(知り合いの会社の)本社がそのボールを開拓したの。

それも色は緑を入れてくれと、緑をメインにしてボールを作ってくれと頼んで、ボールはバレーボールよりも大きくしてもらった。そうではなかったらスピードがあるとダメだよ。というわけで、今のボールを開発してスタートしたの私。これは朝日町で遊ぶものとしてやったの。

朝日町以外の県内とか県外ではまだ普及していなかった。そのときの体育指導員と富山県の婦人会がメインになって富山県の女子の大会を開いた。これがビーチボールのスタートですよ。その後富山県の大会がやったら、すぐ皆さんが喜んでやられて。そしたら俺がじゃあ、今度は男もやらないとあかんと言って。女性がやってから5、6年後かな。

婦人から始まったんですね。

そう。5、6年後に男も入れてやった。で、そのうちそうになったらじゃあ今度は全国へ(範囲を)伸ばしてみてもどうかということで、朝日町の行政がメインになって、各指導者にお金を出して全国へ普及に回ってもらった。北海道から九州全部。

その時から行政との絡みもあったということですね。

行政が何十年前に一千万円規模の予算をつけて、もう持ち上げてというか、それくらいの普及費かけてやったんで私も同じく北海道、九州に行って普及活動を行った。それでまあぼちぼちこうやって、今度はこのビーチボールを真似してやったのが北海道。北海道が真似して一緒のルールでやりだした。でもあれは北海道からあんまり伸びてないと思う。

今は岩手、東京、愛知がメインです。東京は一応、23区だいたい広まっていったんじゃないですか。東京はぼちぼちだったんだけど、完全に広まっていったよね。それに巻き込んで千葉県や埼玉県を巻き込んでやった。

～中略～

東海は愛知、関西は奈良や大阪が頑張っている。九州は福岡、あとは島根や広島でもやっている。

居住していた農村地域でのバレーボールが衰退後、調査対象者は別の農村地域で中高齢者に適したバレーボール型のスポーツを考案しようと思いつき、海岸でのレクリエーションなバレーボールに目をつけた。使用するボールも中高齢者に適するよう、質量が軽く、ボールの大きさも大きく作り、独自のボールを開発して普及を行っていた。

その後、発祥地域のみで取り組まれていたものが次第に県内外へ普及が広がっていった。普及の背景には当時の体育指導員(現スポーツ指導員)や県内の婦人会がメインとなり、女子を中心に広めていき、開催した第1回の大会ではとても好評なスポーツとなることができた。

続いて、女子で行われていたものを男子、さらには全国的に普及していくにあたり、発祥地域の行政を巻き込み、普及が行われた。その際には各普及指導者に行政からの予算が計上され、本格的な普及に行政が関わるようになっていった。そのおかげもあり、普及地域は全国各地に広が

り、特に現在は岩手や東京、愛知がメイン地域として親しまれており、比較的盛んな地域から周辺地域を取り込み、競技が行われている状況にある。

(3) ビーチボールを取り組む対象について

ビーチボールはどういう人がやってるんですかね。実施している人はバレーボール上がりの人が多いのか、もしくは家族でやってるのかとか。

一番多いのは地域。もう一つは会社。地域が一番大きい。あと、バレーボールの経験者もだんだん(本来の)バレーっていうのはできていくようになるから。だから一時ママさんバレーがものすごい勢いあったけどね。今はちょっと落ちてきたけどね。

～中略～

地域のレクリエーション的にビーチっていうのが多いね。地域のレクリエーションレクリエーションって何するって言ったらじゃあビーチボールの大会しようよってなる。一番やりやすいついてやつ。簡単に誰でもできるんですよ。

～中略～

あと、ビーチっていうのはね。親と一緒にできるからね。親と子供と。だから今現在ね、小学生を中心にした、ジュニアのビーチが伸びてきてる。これはすごい。

そうなんですな。

これは東京もすごい伸びてる。富山と東京、愛知県が子供ビーチをやっている。だから今、ジュニアを巻き込んでいかなあかんってことで、日本協会としてもジュニアの方をちょっとずつやっついていかなあかんっていう。

なるほど。ビーチをやってどうなんですかね。

その後、例えばその子供たちが6人制のバレーボールをやることの方がいいのか、もしくはそういうのじゃなくて、普通にビーチをずっとやった方がいいのか。

いや、一番いいのは他のスポーツをやればいい。バレーボールじゃなくて、バスケットでもいろんなことをやればいいの。

またそれをやってた人が、現役が終わったらまたビーチをやってもらえればいい。スポーツをビーチだけで一生というのは、私はあまり好かない。

そういう運動っていうのにビーチから入っていつもらって、いろんなことに行ってもらって、それでもいいかなっていう。一番簡単な運動から入ってもらって。

なるほど。スポーツを行う入り口としてビーチを使ってもらって、で、各々の競技にバレーボー

ルだけじゃなくて、いろんなスポーツを取り組んでもらう流れですね。

要するに団体スポーツとか何かに役立てればいい。ビーチボールは個人プレーじゃないから。ビーチは体力を作るんじゃなくて交際関係。こういう友達を作ったりするのがメインやから。しかし競技スポーツは、体を使わないとあかんでしょ。ビーチはだから(スポーツの)入り口かな。ビーチ以外のスポーツに取り組んでもらって、またいつかはビーチボールに戻ってもらおう。

ビーチボールの取り組み状況としては地域のレクリエーションとして取り組まれることが多いとのことであった。それくらい、ビーチボールは取り組みやすく、中高齢者を対象として考案されたものの、子どもから高齢者までが取り組むことのできるスポーツであることが述べられていた。各地の大会でも「子どもビーチ」といわれる小学生を対象とするビーチボール大会を開催するなど、日本協会としてもジュニア世代を対象としたビーチボールの普及活動を行っていききたい意向が示されていた。

一方、前述のジュニアビーチを普及させた先には子どもたちがビーチボールだけにこだわらず、他の種目に移行し、運動の入り口として位置付けることが重要であるとのことであった。ビーチボールを行うことで体力を作るよりも交際関係の構築に重きがおかれていることから特に団体スポーツなどのチームスポーツに有効的に働けばいいとの考えを持っていた。その後、各々の競技スポーツから引退した後にもまたビーチボールを取り組んでもらいたい、このようなサイクルができることが理想であると述べられていた。

(4)ビーチボールの今後の展望、発展性について

(ビーチボールの) 課題、これからこうしていきたいことや、ビジョンみたいなのあるんですかね。発展性など。

いや、あんまり肩に力を入れないで、現状維持と隣の県をなんていうの、抱きこむっておかしいけど、普及させていくように皆さんに今言ってる。加盟団体にね。今ある加盟団体(都道府県)から隣の県をね、普及してくれるように頑張ってくれと。

あとは今年齢が上がってるから高齢者をどうやってね、存続させるか。これからも大会があるけど、ジュニアは大体、(大会を通して) こうやって育っていく。でもジュニアの方もさ、小学校はいいのだけど、中学、高校になったらそういう部活ってないからね。だからそこで一回、ビーチが離れる。離れるから、それをだから何かこれからどうにかできて(対策して) 続けていけたらっていう。

ビーチボールの発展性としては現状維持をベースに、盛んな地域がさらに周辺地域を巻き込みながらさらに普及していくことが求められていた。また、このことを日本協会から加盟してい

る各都道府県連盟へも協力を仰ぎながら進めていきたいとのことであった。また、前述の通り、現在はジュニア世代のビーチボール活動の普及も推進していることから一度取り組んだ子どもたちがその後、他種目に転向したのち、いかにしてビーチボール種目に戻ってきてもらうかの方策を考えていきたいとのことであった。

(5)インタビュー調査の総合的な考察について

調査対象者のインタビュー結果をもとに総合的な考察を行う。調査対象者である日本ビーチボール協会会長は農村地域で生まれ育ち、バレーボールを長年取り組んでいた。農村地域ならではの健康課題である腰曲がりの防止から、バレーボールさらにはビーチボール考案に至り、現在ではこれに競技性が加わり全国的な普及を遂げていることが示唆された。また、普及については体育指導員が主に普及に尽力し、行政の財政面のバックアップもあったことが誕生からの40年間で加速的に発展することができたと考えられる。さらには、誕生当時の対象であった中高齢者からより幅広い年代が取り組む状況にあり、地域や親子の交友の場としても機能していることからスポーツによる人間関係構築の役割も果たしていることが窺えた。今後は、盛んな地域が周辺地域や隣県を巻き込むことでより種目の発展性が期待でき、より多くのビーチボール人口増大につながることを期待できると示唆される。

2. 第40回全国ビーチボール競技大会参加者における愛好者・満足度調査

(1)大会参加者の属性について

大会参加者に対する質問紙調査において回答が得られた者の属性を表1に示す。今回の質問紙調査の回答者の半数以上(74.3%)は女性であった。今回の大会には男性の部はもちろん、女性の部も設けられている。また、調査回答者の半数以上(68.0%)において県外参加者の回答であった。全国規模の大会ともあって、県内参加者はもちろん県外の参加者が多く参加していた。それに加え、ビーチボール発祥の地であり大会開催地である朝日町への訪問経験においては84.7%と多くの者が訪問経験ありと回答しており、全国大会を町をあげて開催している同町には繰り返し参加している愛好者が多く存在していることが明らかとなった。特筆する事項におい

表1 回答者の属性

		n (%)
性別	男性	19 (25.7%)
	女性	55 (74.3%)
居住地	朝日町内	5(6.7%)
	富山県内(朝日町外)	19(25.3%)
	富山県外	51(68.0%)
朝日町(大会会場)への訪問経験	あり	61(84.7%)
	なし	11(15.3%)
学生時代の活動経験	バレーボール部所属	35(48.6%)
	バレーボール部以外の運動部	33(45.8%)
	運動部所属経験なし	4(5.6%)
回答者年齢(平均)		54.98±6.27

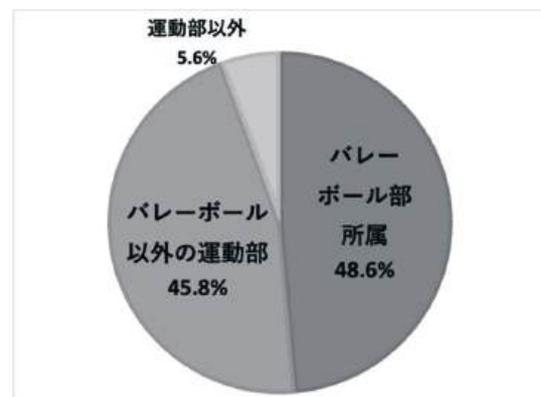


図1 回答者のバレーボール経験

ては属性調査の中の、学生時代におけるバレーボール経験（バレーボール部所属経験）である。バレーボール部以外の運動部ならびに運動部以外を合わせて 51.6%と半数以上の参加者が専門的なバレーボール経験を有していないことが明らかとなった（図 1）。ビーチボール誕生の際の対象と考えていた子どもから高齢者まで誰でも参加できることができるものと捉えられ、さらなる種目の発展性が望める結果となった。

(2)大会に関する項目および満足度を規定する要因について

まず初めに、先行研究をもとに調査を行なった項目の妥当性をクロンバックの α 係数を用いて検証を行った。通常、基準値となる $\alpha = 0.60$ を上回っていることが信頼性の条件とされているが (Nunnally, 1967), いずれの要因においてもその基準値を上回っていることが確認され、すべての項目に対する妥当性が確認された。次に各要素の平均を表した（表 2）。各要素の平均値を比較すると最も高い項目として会場の設備の整理、清潔さ、わかりやすさなどの「会場ファシリティ」であった（3.94）。反対に最も低い項目としては「達成感」であった。会場ファシリティにおいては開催地である朝日町において最も規模の大きい体育館を複数会場として大会が行われていた。さらに、本大会は行政と連携した大会運営がなされており、町職員が多数運営にあっていた。こうしたことが特に会場設備のわかりやすさにつながっており、会場ファシリティの項目を高めることに寄与したものと考えることができる。対して達成感については、大会である以上、勝敗がつき個人の尺度による差が大きいことが原因として考えられる。さらには全国大会での調査であったことから少なからず競技性を重視している参加者が多かったことが窺える。ビーチボールを行うことによる楽しさそのものや交友関係を重視するという捉え方が全国大会などのレベルの高い環境では希薄化していることが推察できる。

次に、大会に関する満足度の項目を「大会満足度」として総合的な尺度として設定した。すると大会満足度の平均は 3.79 と比較的高い数値を示していた。この大会満足度について規定する要因を探るために行なった重回帰分析の結果、「達成感」「交流」「オペレーション」の各要素が影響していることが明らかとなった。練習の成果を十分発揮できていたか、結果に対する納得度

表 2 大会に関する項目の平均値

項目	各項目の平均		各要素の平均	
	M	SD	M	SD
達成感 ($\alpha = 0.845$)				
今回の試合では練習の成果を発揮できた	3.01	1.12		
今回の試合では納得する結果を得ることができた	2.63	1.28	2.99	1.04
今回の試合では自分自身に挑戦することができた	3.33	1.16		
ストレス発散 ($\alpha = 0.840$)				
今回出場したことにより日々のストレスから解放された	3.28	1.17	3.34	1.09
今回出場したことにより気分的にリフレッシュすることができた	3.40	1.17		
交流 ($\alpha = 0.916$)				
今回の出場により多くの人と触れ合う機会が与えられた	3.91	1.03		
今回の大会の他の参加者との仲間意識を感じることができた	3.83	0.95	3.80	0.93
今回の参加により様々な人と交流を楽しむことができた	3.68	1.04		
大会サポート ($\alpha = 0.900$)				
試合会場における大会役員への対応は良かった	3.85	1.09	3.75	1.04
試合会場の大会役員は安全面に配慮されていた	3.65	1.10		
会場ファシリティ ($\alpha = 0.875$)				
会場の設備(受付・更衣室・トイレ・ロビー等)は整っていた	3.89	1.06		
会場の設備(更衣室・トイレ・ロビーなど)は清潔であった	4.01	0.97	3.94	0.92
会場の設備(受付・更衣室・トイレ等)はわかりやすい場所にあった	3.92	1.08		
オペレーション ($\alpha = 0.911$)				
開・閉会式は適切に運営されていた	3.81	0.97		
物販や出張イベント(層台など)は良かった	3.72	0.95	3.73	1.01
試合のタイムスケジュールは適切であった	3.60	1.04		
インフォメーション ($\alpha = 0.946$)				
大会のホームページはわかりやすかった	3.85	1.07		
大会の情報は取得しやすかった	3.70	1.09	3.73	1.01
自チームの結果情報は取得しやすかった	3.75	1.08		
大会会場周辺の看板・案内はわかりやすかった	3.80	1.10		
会場スタッフ ($\alpha = 0.922$)				
大会の競技に関する役員は懲罰できた	3.81	0.94		
大会の受付役員は手際が良かった	3.84	0.90	3.81	0.86
大会の役員はあなたのお断りを快く受け入れてくれた	3.79	0.93		
大会満足度 ($\alpha = 0.918$)				
今回の大会に満足している	3.67	1.10		
今回の大会は期待していたのと同じくらい良かった	3.72	1.06	3.79	0.94
今回の大会で得た経験は時間や費用を費やす価値があった	4.04	0.97		
今回の大会で得た経験は心地よかった	3.70	1.07		

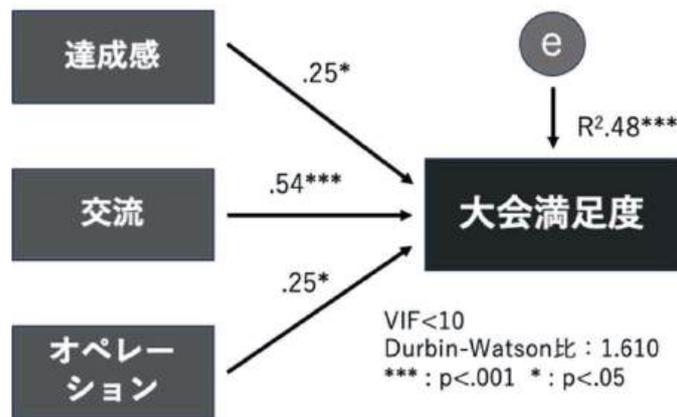


図2 大会満足度を規定する要因の重回帰分析

を構成する達成感の要素、他チームとの交流、仲間意識の高さを構成する交流の要素、物販や大会内でのイベント、式典関係を構成するオペレーションそれぞれを高めていくことがビーチボール大会の満足度を高めることにつながることを示唆された。

(3) 質問紙調査の総合的な考察について

今回の質問紙調査では、特にビーチボール愛好者のバレーボールの専門的な経験度、ビーチボール大会への参加を通して自身が実感した項目、および総合的な満足度とそれを規定する要因について明らかにすることができた。バレーボールの専門的な経験度については、出場選手の学生時代のバレーボール部所属経験を調査する項目を設定し、バレーボール部所属経験がない者が半数を超えていた。今回調査対象とした大会は各地域を勝ち上がったチームが出場する全国規模の大会でありながら学生時代にバレーボール部に所属していた選手の割合は所属していない選手の割合よりも少なかった。これはビーチボールという種目の特徴的な部分であることがいえる。中村(2021)はビーチボールと同じバレーボール型のレクリエーションスポーツであるソフトバレーボールの愛好者調査においては37.6%が専門的なバレーボール経験なしと回答している。このことはソフトバレーボールと比較してもバレーボール経験を有していない者の難易度による参入障壁が少ないことがいえ、より多くの人が取り組みやすい種目であることが窺える。また、大会参加者の総合的な満足度とそれを規定する要因を探ってみたところ、総合的な満足度は3.79と比較的高い結果を示していた。さらに満足度を規定する要因として達成感や交流、オペレーションが抽出された。今回の大会では行政との連携のもと物販や飲食スペース、地元団体による出店等が立ち並んでいる。このようなオペレーションの他にもレクリエーションなスポーツであるからこそその対戦相手をはじめとする様々な人との交流が多くみられたことが今回の満足度が高い要因であったことが推察される。今後も大会運営の際にはこのような取り組みを積極的に展開することで、再参加を促すことができると予測される。一方、達成感についてはビーチボール大会に関する質問項目の中でも最も低い数値をみせていた。大会カテゴリーの再検討や大会形式を再度一考することで達成感の高まりもみられ、それが総合的な満足度にもつながってくることが窺える。

4. 今後の展望

今回の研究を通して、バレーボール型のレクリエーションスポーツであるビーチボールの誕生、発展や普及の経緯、今後の発展性について明らかにできたほか、ビーチボール大会に参加した選手の大会満足度およびそれを規定する要因について明らかにすることができた。ビーチボールはいつでも・どこでも・誰とでも・いつまでも行うことのできるスポーツであることが再確認され、今後さらに普及していくことが予測できる。今後は、本研究を縦断的な研究として位置付け、一定期間経過後の状況についてさらに有意義な研究として深めていきたい。また、今回の質問紙調査の回答者は合計で75件と比較的少ない回答者からの分析となった。次回以降、同様な研究を行う際には研究デザインを再度熟考し、回答サンプル数、回収率の確保を行い、より信頼性のある研究として行っていきたい。いずれにしても本研究を通して、富山県の発祥スポーツであるビーチボールの発展性に関する重要な資料を得ることができた。今後ますます、ビーチボールの普及さらには富山県内におけるスポーツ振興について貢献できるよう力を尽くしていきたい。

5. 参考文献

1. ビーチボール競技公式サイト,
https://www.town.asahi.toyama.jp/section/buntai/beach/beach_ball.html, 参照日 R6.06.06.
2. 井川貴裕・岡崎祐介・福田一儀, 萩城下町マラソンの大会満足度および再参加意図とイベント満足度との関連性, 至誠館大学紀要, 5, 1-5, 2018.
3. Kenyon, G.S. and McPherson, B.D., Becoming involved in physical activity and sport: a process of socialization, 303-332, 1973.
4. 棟田雅也・松岡宏高, 参加型スポーツツーリズムにおけるサービスクオリティ尺度の開発: レースイベント参加者に焦点をあてて, スポーツマネジメント研究, 12(2), 33-53, 2020.
5. 中村祐太郎, ビーチボールバレーの発展に関する一考察:6人制バレーボールとの比較より, バレーボール研究, 23(1), 86, 2021.
6. 中村祐太郎, ソフトバレーボール愛好者の類型化とその特徴-目的志向に着目して-, バレーボール研究, 23(1), 1-10, 2021.
7. Nunnally, J. C., Psychometric theory (1sted), 1976.
8. 岡安功・平野貴也, サイクルスポーツイベント参加者の大会満足度と地域愛着: ツール・ド・おきなわに着目して, 生涯スポーツ学研究, 17(2), 41-62, 2020.
9. 先森仁・秋吉遼子・山口泰雄, 大会満足度と地域愛着が市民マラソンの再参加意図に与える影響に関する研究: 県内・県外参加者に着目して, 神戸大学大学院人間発達環境学研究科研究紀要, 8(1), 107-113, 2014.

研究題目	1980年代を中心とした北陸における社会運動文化の形成と展開
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	一般教養科・助教・加島 正浩
分野	日本近現代文学
キーワード	岩倉政治、イタイタイ病、脱原発運動、同人誌、短歌

1. 研究の背景と目的

本研究は、1980年代を中心に北陸三県における社会運動の周縁でどのような文化が形成されていたのかを明らかにするものである。1980年代に環境汚染の観点から反原発運動が盛んとなり、『宝島』（宝島社）や『80年代』（野草社）などの雑誌に反原発関連の記事が多く掲載されたことは、絳秀美『反原発の思想史』⁽¹⁾が明らかにしている。しかし絳は、首都圏の反原発運動の展開を整理することに終始しており、地方で成立していた運動には手をつけていない。本研究は、1980年代に活発化した原子力発電所をはじめとする社会運動が、北陸地域においてどのような文化を形成していたのかを考察しようと試みた。その際に北陸地域の運動文化の特殊性を明確にするために、環境汚染の観点から1960年代から70年代初頭に活発化したイタイタイ病の社会運動が形成した文化も考慮に含めた。それにより80年代以降の社会運動文化との連続性の考察を可能にし、これまで個別に捉えられていた社会運動を地域の歴史に位置づけ、各々の地域が有する社会運動の特殊性を明確にすることを試みた。

2. 研究成果

2-1. 岩倉政治とイタイタイ病 —— 小説「尋問」を中心に

まず、北陸の文化風土を考察するために、イタイタイ病と患者救済運動からうまれた文化の関係に着眼した。その際に岩倉政治という文学者を分析の対象とした。岩倉は、富山県東礪波郡高瀬村に生まれ、東京で小説家として活動した後、戦後富山県に戻った岩倉政治という文学者であり、思想家であり、共産主義者である。これまで岩倉政治はプロレタリア文学の流れに位置づけられる文学者として、戦前の東京での活動に焦点化されるか⁽²⁾、岩倉の思想家としての側面に着眼される⁽³⁾のみであった。富山での文学者としての活動が注視されなかった理由のひとつは、富山に戻った際に、文芸評論家の亀井勝一郎に「今の内なら、君は十分また作家として食って行ける」と再度上京することをけしかけられた事実からもわかるように⁽⁴⁾あくまでも「文壇」は東京にあり、地方で書かれた小説を「文学」とみなす視座が長らく形成されなかったことにある。東京を中心とする文学観が、「文学者」岩倉政治という存在を、戦後から今日まで、長らく埋没させていたのである。

しかし岩倉自身は、富山に帰村した後も『民主文学』という日本民主主義文学同盟（日本共産党の文学者の職能団体）が東京で刊行する機関誌にも小説を掲載していた。本節で扱う「尋問」という岩倉がイタイタイ病について執筆した小説も『民主主義』に掲載されたも

のである⁽⁵⁾。イタイイタイ病を扱った「尋問」に言及した同時代の言説は、『民主主義』に掲載された短い書評一本のみであり⁽⁶⁾、岩倉同様「尋問」という小説も、発表時から無視されてきたと言ってよい。しかしそれは、70年代前半の東京において公害への関心が薄かったことを意味するわけではない。加えて『民主文学』においては、公害と表現の関係について特集が組まれてもいる⁽⁷⁾。ではなぜ、同時代の他雑誌のみならず、『民主主義』文学においても岩倉政治と「尋問」は無視されていたのであろうか。それは当時の『民主主義』の文化と運動の捉え方と、「尋問」に描かれたイタイイタイ病患者の姿との齟齬にある。

「尋問」という小説の梗概は以下の通りである。病院のベッドから裁判所に運ばれ、裁判の証人として富山県婦中町に住むイタイイタイ病患者の中井たかが、証言を行う。原告代理人の弁護士の質問からはじまり、家族構成や、姑や自分のイタイイタイ病の容体、神通川の様子、夫に「おまえみたいもン死んでしまえ」とどなられた話などを証言する。その後、三井側の反対尋問がはじまり、ラチもない質問ばかりと油断していたところ、発病後に嫁入先から実家に稲刈りの手伝いに行っていたことを指摘され、奇襲を受けたような気持ちになる。弁護士側の再尋問で救われたように思うも、三井側の奇襲を自分なりにやり返せなかったくやしさを抱いていると、裁判終了後にたかの友人である小川チヨがやってくる。小川はたかの証言を誉めたうえで、自身が次の裁判で証人に出てもらおうよう依頼され弱っていることを告げ、たかに証人を代理で断ってくれないかと依頼する。たかは、病気を理由に自殺しかけたチヨに証言をやめさせたくないと思うが、チヨも数日後に仲間のために証言を引き受ける。チヨの尋問を担当する弁護士と打ち合わせをしている際に、大便のことや自殺しようとした際のことを聞かれ、チヨは困惑し苦しみながらも弁護士に証言する。チヨは裁判の直前に証言がづらいとたかにこぼし、息子の与一にも三井の弁護士に「うそつけうそつけ」と罵倒される悪夢をみたと話す。その後明け方に与一が母親の部屋をみると、チヨの姿がないことに気がつき、ぞうりの跡が納屋の方に消えているのを見つけ、納屋を確認すると、チヨの遺体を発見する。以上が「尋問」の梗概である。

「尋問」は、中井たかが裁判の証人として証言を行う陰で、裁判での証言を依頼されながら証言する苦痛に耐えきれず自死してしまう小川チヨという人物の存在が特徴的であるが、この小川チヨという人物の存在が当時の共産党の運動のなかでは受け入れがたいものであったと考えられる。たとえば、『民主文学』に掲載された霜多正次「人間性の回復」⁽⁸⁾には以下のような記述がみられる。

独占資本の収奪によって、いっぼうでは人間性をすりへらされ、他方ではそれに苛立つ人びとの理性と想像力とが眠らされるように支配操作が行なわれ、民主主義の名によるファシズムが進行しているかにみえる現代の社会で、いまこそ文学は人間性—人間の理性と想像力との回復とのために奮起しなければならないときである。つまり人間がいかにか生きるべきかが、真剣に問われなければならないときである。(中略)ところで、わが民主主義文学同盟では、人間性の回復という現代文学の課題に、どうこたえて

いるだろうか。(中略) 人間性の回復というこんにちの切実な文学的課題からすれば、まだいろいろ問題があるように思う。[/] ここでは、主としてたたかひの状況や経過がえがかれる。敵の攻撃や妨害、それによる仲間たちの動揺や不統一、たたかわなくなった組合幹部のそこへの介入、等々のいりくんだ力関係のなかで、労働者の要求をいかにかちとっていくかというたたかひのきびしさがえがかれる。/しかしその場合、労働者がいかに生きるかという問題が追及されているとはいえない場合が多い。

また、同号において中里喜昭も「現代日本の典型」⁽⁹⁾ という表題で同様のことを以下のよう述べている。

ある地域の経営・農村のたたかひが描かれる場合、文学者として必要なのは、事実のファクスの複写ではない。ほんとうに必要なのは、それがもつ意味なのである。そのたたかひのもつ意味の全日本的な普遍性と、たたかひそのものの独立した経過による特殊性とが全一的に形象化されてはじめて、文学は現代の顔をもつ。(中略) 日本の現代文学は、いま、現実の変革へと流動する諸力とともに、その文学的契機をわしづかみにできる情勢をむかえているのだとおもわれる。

つまり「尋問」が掲載された時期の『民主文学』においては、労働者や民衆が自らの権利を獲得するために「たたかう」ことは前提とされているのである。そのうえで「いかに生きるか」、現代をどのように変革するかが問題とされているといえる。そして、そのような目的を達成するために行なわれる労働運動や政治運動と文学をどのように結びつけるかが文学上の問題とされていることが読み取れる。

このような立場からみれば、岩倉が「尋問」で描いた裁判という場で証言する苦痛に耐えかね自殺をした人物は、「たたかひ」を放棄した人物であるため、評価の対象とはならないと考えられるだろう。「尋問」には、中井たかが自死する前の小川チヨが、以下のようにこぼしていたことを思い出す場面がある。

——おらみたいなもんな、死んで恨み晴らすほかないがじゃ。[/] たかは、チヨがさいごに言い残して行ったことばをすぐ思い出した。それはたかのなかでぐんぐんふくらんだ。⁽¹⁰⁾

「たたかう」ことを前提とする考えが支配的な同時代においては、「死んで恨み晴らすほかない」と語る女性の存在を理解することは難しかったといえるだろう。また公害の被害者を救済する「たたかひ」は、行政に裁判という制度を利用して責任を認めさせることにしか方法がなく⁽¹¹⁾、そこから逃避することは、そのまま「たたかひ」を放棄することに直結する事情もあった。「尋問」には以下のような記述がある。

——それで、あんたからおらの証人ことわってくだはれよ。おらの一生の頼みやちゃ。

[／] たかは、チヨの本気なのに坐りなおした。小川チヨの、ひどく律儀な性質を、たかはよく知っている。しかしこの友達の病歴と、自殺までしかけた苦労については、たか以上のものがあつた。そうであればこそ、原告側弁護団はチヨを選んだのにちがいない。たかは、それをやめさせたくないと思った。

小川チヨは、裁判所で証言するのがつらいほどの経験をしているからこそ、原告側からは加害企業に「勝つ」ために証言することを期待されていることがここからは読み取れる。イタイイタイ病に関する書籍を多数刊行している向井嘉之によれば、実際に「尋問」が発表された時期は「被害地域では、勝訴への見通しが十分浸透していない時期であり、三井金属の切り崩しも予想されたことから、最後まで積極的に訴訟を貫き通せる姿勢を持っている人が」裁判での原告として選ばれていたようである⁽¹²⁾。また岩倉政治も以下のような記述を残している。

窓から送られたVサインに歓呼するおもてのどよめきが下から吹きあがってきた。勝利への重要な道標がついに打ち立てられたのだ。ああ、何よりもこのよろこび、無念のうちに落命していった数百の痛きたましいにとどけ。[／] この結審は、三年間の第一次訴訟のそれだけではない。数十年の長い年月を耐えてたたかかってきた屈辱と苦痛の歴史にたいする「結審」であり、迫害と孤独を生きた科学者と良心たちへの「結審」でもある。(中略) 団結と正義の力は、こうして日本最初の公害裁判モデルを作り出した。この意義の重大さははかりしれないが、それだけに被告側三井やそれにつながる支配勢力が、このまま旗を巻くとはとても考えられぬことである。結審の日の、被告弁護団にみられた意外なまでの冷静さが、逆にこのことを推測させる。[／] 「結審」をかちとった確信とさらに強固な団結の上に、私たちのたたかいはまた始まる。⁽¹³⁾

つまりイタイイタイ病の被害訴訟の裁判は、イタイイタイ病の被害の認定・救済のみならず、他の公害被害における裁判のモデルケースとなるべく「たたか」われていたことがわかる。被害者側の「たたかう」手段が裁判という制度を利用するほかになく、加害企業側との「たたかい」が最優先される状況においては、裁判で勝つことが何よりも重要なのであり、その制度によって傷つく患者の存在を顧みることは難しい。現に岩倉政治自身も裁判で「たたかう」ことの重要性は理解しており、「(前略) さあ [／] おまえと おまえが迎える 妻のため [／] おまえらの 子どものために [／] おやじの おれにつづけ [／] おれを 乗りこえろ [／] たたかいに組んだ 手をほどくな／怒りを もやせ [／] 三井が ひたいを地につけるまで [／] 神通の水 とりかえすまで」⁽¹⁴⁾ という「たたかい」を後押しするような詩も残している。

このような同時代の要請からみれば、「尋問」という小説が「たたかい」の勢いを削ぐものと捉えられ、看過されてしまうことにも理があつたとはいえよう。しかし今日、イタイイタイ病を

振り返る際に、裁判という制度を利用するしか加害企業に被害を認定させるすべがなく、被害を述べることができず、その制度の前に倒れてしまった患者が存在すること、またそれを記した小説が存在することは再認識すべきであろう。「尋問」には、裁判所の様子が以下のように記されている。

法廷は恐ろしく天上の高い長方形の箱だ。「公正」をよそおうために造られた装置だから、人間を収容するに必要な机と椅子意外には一輪の花も置いていない。(15)

裁判所はあくまでも「公正」よそおった制度であることを岩倉は見抜いていたといえよう。そのような制度を通じてしか被害の認定がなされず、制度の前に「たたかえ」なかった「弱者」を岩倉は、裁判の重要性を理解しつつも、小説で描いていたといえよう。

2-2. 仏教（浄土真宗）と反原発運動——奥本守という反原発歌人の存在

前節では岩倉政治が、同時代の機運とは異なる「たたかう」ことのできない「弱者」を描く小説を描いていることを確認したが、なぜ岩倉が裁判の重要性を認識しながらも、そこで「たたかえ」ない「弱者」を描きえたのかは確認する必要があるだろう。岩倉はある講演にて以下のように述べている。

私は拷問に耐えぬいた少数の英雄たちを尊敬します。同時に拷問を手がけた権力とその手先どもを憎みます。しかし問題はそれに勝てなかった人間、弱い人間。いわば失敗した恥多き人間——そういう人を私は問題にした。実は人間は時に神の如く正しく英雄的に振る舞うが、時と条件によってどういう醜態をさらすか分からぬ。そういう弱さも持っている。私はそれを問題にする。いかなる強迫にも負けず苦痛にも耐えるつよい奴は助けは不要。強者は問題ではない。弱者こそ問題なのだ。無力無残の阿弥陀仏にすぎる外ない凡夫こそ。それを本気でみつめ、本気で考えるのが真の文学の重要な一つの仕事であり、真の政治の任務でもある。(16)

岩倉政治は、文学者でありながら共産主義者でもあり浄土真宗に傾倒した仏教者・思想家でもあり、多様な側面を持つ人物である。青年期には富山から大谷大学に進学し、マルクス主義者の井坂潤と仏教哲学者の鈴木大拙に師事している。そのような岩倉の仏教者としての側面が、「無力無残の阿弥陀仏にすぎる外ない凡夫」・「弱者」への着眼を促したといえよう。一般的に社会運動が権力者によって、生を蔑ろにされた「弱者」によって行われることを考えれば、北陸での社会運動ならびにそれによって生成された文化と、仏教の関連は考慮に入れる必要がある。

現に1988年12月1日に建設差し止めを求めて金沢地裁に提訴することからはじまった志賀原発建設反対運動に浄土真宗大谷派の僧侶たちが関わっていたことの指摘はすでにある(17)。北陸で起こった社会運動(文化)と仏教文化との関わりは今後子細に検証されなくてはならないが、

今回の研究調査では、敦賀、美浜、大飯、高浜原発建設工事に足かけ約 15 年間従事した福井県出身の奥本守（1931—?）という歌人を発見したことが、特記すべき重要な成果であった。

奥本が、『紫つゆくさ』、『泥身』、『若狭の海』（ながらみ書房、2001 年 3 月）という 3 つの歌集を自費で出版したことは確認できたが、福井県内の図書館にも国立国会図書館にも所蔵が確認できなかった。ただし『若狭の海』刊行時に複数の新聞が奥本に取材したとみられ、その記事を数件見つけることができた（「元建設作業員・奥本さん（上中） 原発の不安 歌に」『福井新聞』2001 年 4 月 5 日、「原発への思い歌に託し——上中町の奥本さん 歌集「若狭の海」自費出版」『毎日新聞』2001 年 4 月 7 日、「原発への不安 短歌に託す——建設作業従事の奥本さん 3 冊目の歌集出版」『朝日新聞』2001 年 5 月 6 日など）。また『福井新聞』には、4 月 5 日の記事を受け、当時 NHK エンタープライズ 21 BS 情報文化番組部長であった山登義明がコラムを執筆している（山登義明「新聞を読んで一短歌の力」『福井新聞』2001 年 4 月 30 日）。上述した新聞の記事によれば、奥本守は約 15 年間原発建設現場で働いていたが、そこで「手抜き工事」があったことなどを踏まえ、原発は今の日本には欠かせないが「事故が起こっては申し訳ない」という思いで（原発の設計や予算は完璧なれど 曾孫請けなれば四割工事）などの歌を含む第三歌集『若狭の海』を編んだという。全 462 首のうち、原発に関係する歌は 70 首を超え、福井での自身の経験だけでなく、茨城県東海村の JCO 臨海事故、プルサーマル計画に触れた〈若狭には人間がいる花も咲くプルサーマルの実態を言え〉などの歌が含まれているという。

また確認できた範囲では、〈親鸞さまのお骨の側に子の骨を納めんと渡すむなしわれの手〉、〈蠅見れば南無阿彌陀佛と手を合わす叩かんとして仏心起る〉という歌も詠んでいることがわかった。〈親鸞さま〉、〈仏心起る〉という表現からは、奥本も浄土真宗の思想の影響を少なからず受けていることが確認できる。仏教文化（浄土真宗）と北陸での社会運動（文化）がどのように関わり形成されていったかを考察するうえで、奥本守という歌人は、重要な存在であると考える。

加えてそのみならず、1968 年に日本原電敦賀原発 1 号機の建設現場で働いた当時は「原発が危険だとはみな思っておらず、農機具購入費の支払いのために、農業以外で働く必要があった」（上述記事『毎日新聞』）と述べながら、次第に原発の危険性に関われていく歌人の過程を踏まえ、現場の作業員が短歌を詠んだ意味を明らかにする必要性も高い。国内の図書館・文学館での所蔵が確認できないため、福井県を中心とした各地の古本屋での調査が必要となるが、引き続き調査を進めてまいりたい。

3. 今後の展望

今回の研究調査では、岩倉政治という小説家の重要性を明らかにすることと、奥本守という歌人の存在を発掘したことが主な成果であったが、1980 年代の社会運動の文化を踏み込んで検証するには至らなかった。しかし、80 年代に社会運動の文化が不在であったわけではなく、大きな存在として水野スウという人物がいる。水野スウは 1983 年 11 月から当時住んでいた金沢市の中心部のマンションを週に 1 回、子育て中の母親たちに開放する「紅茶の時間」というものを

行っていた⁽¹⁸⁾。やがてその場が1986年のチェルノブイリ（チェルノブイリ）原発事故を契機として、原発の問題を考えるようになる。そして1988年時から『いのちの未来に原発はいらない通信』（略称「いのみら」）が発刊されるようになり、水野スウはその取りまとめを行うようになっていく。このような動きは、東京を中心に起こった同時代のエコ・フェミニズムの運動と重なる部分がある。1987年には綿貫礼子編『廃炉に向けて——女性にとって原発とは何か』（新評論）が刊行されており、原発と女性（運動）という観点は今後研究される余地と必要性がある。北陸で水野スウが行っていた取り組みと東京との同時代性、また同地域で行なわれていた仏教者たちとの運動との連関など、多様な運動主体とエコロジーやフェミニズムの問題が当該分野には横たわっている。引き続き調査・研究をつづけてまいりたい。

4. 参考文献

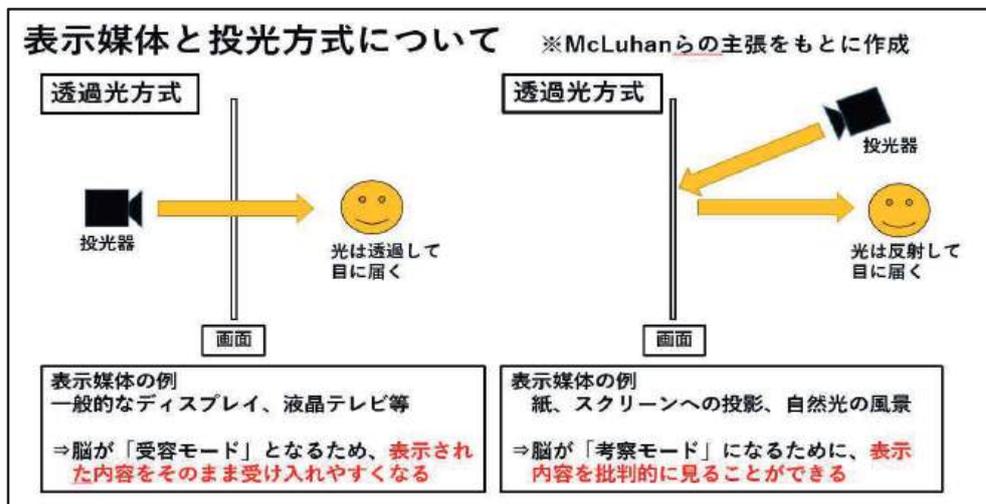
1. 桂秀美『反原発の思想史』筑摩書房、2012年2月
2. 秦重雄「岩倉政治——『稲熱病』に至る道」『社会文学』29号、2009年2月
3. 森葉月『宗教・反宗教・脱宗教——作家岩倉政治における思想の冒険』桂書房、2014年5月
4. 岩倉政治「百色百香＝蝕袖人別覚え（その二）」日本民主主義同盟富山支部『野の声』1975年10月
5. 岩倉政治「尋問」初出は『民主文学』1972年4月号。のちに岩倉政治『ニセアカシアの丘で』新日本出版社、1974年3月に収録。
6. 山崎寿美子書評 岩倉政治「ニセアカシアの丘で」『民主文学』1974年8月号。
7. たとえば、永井潔・神山恵三「自然・人間・芸術——公害問題と現代文化」『民主文学』1970年11月号など。
8. 霜多正次「人間性の回復」『民主文学』1971年5月号。
9. 中里喜昭「現代日本の典型」『民主文学』1971年5月号。
10. 岩倉政治「尋問」岩倉政治『ニセアカシアの丘で』新日本出版社、1974年3月、147頁。
11. 向井嘉之『原告 小松みよ』能登印刷出版部、二〇一八年一月などを参照。
12. 注11に同じ、129 - 130頁。
13. 岩倉政治「イタイイタイ病裁判といのち」『富山新聞』1971年3月。引用は、岩倉政治『どうもどうも——ジーパンをはいた90才』青磁社、1992年7月。
14. 岩倉政治「イタイイタイ病」『岩倉政治詩集』青磁社、1986年1月、83 - 84頁。
15. 注5に同じ、110頁。
16. 岩倉政治「あゆの風いたく吹くらし」岩倉政治文庫資料〈関連（一括）1831〉。講演は1988年8月27日、富山県新湊市で開催。
17. 高木恒一「反原発運動の多様な主体」『戦後日本住民運動資料集成7 志賀（能登）原発反対運動・差止訴訟資料 別冊 解題・資料』すいれん者、2012年3月。
18. 水野スウ『まわれ、かざぐるま——もう一杯の紅茶の時間』若草書房、1990年3月、50頁。

研究題目	表示機への投光方式による人の視覚認知能力の変化に関する検討
機関名	富山高等専門学校
研究代表者	一般教養科・准教授・紙谷 智
分野	認知科学、視覚心理学、知覚心理学
キーワード	視覚認知、ディスプレイの視認性

1. 研究の背景と目的

今日、我々の日常においてLCD(液晶薄膜ディスプレイ)表示機は欠かせないものの一つと考えられる。画面への表示を可視化するために、LCD画面に光を当てる必要があるが、現在多くの表示機はLCDパネルの背面から光を透過させて可視化する透過光表示方式であり、映画などのスクリーンのようにLCDパネルの前面から光を当てて、表示を可視化する反射光表示方式のものは、一部の特別な表示機器を除いてほとんど普及していない。

米国の著名なメディア学者であったMcLuhanは“Laws of Media: the New Science”(1988)で、広告研究者であったKrugman(1971)の映画視聴者への映画内容の印象に関する調査を紹介し、映画を反射光で観た群と透過光で観た群には同じ映画の視聴であっても認識の違いがあり、これは反射光と透過光が人の脳の認識モードを変えてしまうためだと論じた。有馬(2007)はこれを受け、我々がPCで書類作成したとき、ディスプレイ上では気づかなかったミスに印刷後に気がつくことが多いのは人の脳が、①透過光ディスプレイを見ることで「受容・くつろぎモード」であった状態から、②紙(反射光)を見ることで「批判・考察モード」に切り替わることでミスに気付くと論じた。



この投光方式の違いが生み出すといわれる脳の認知の違いに関しては、これまで心理学や認知科学分野でいくつかの研究がなされてきたが、結果としてこの説を支持する、もしくは一部の関連を示唆する研究(トッパン・フォームズ2013、松山・池内2015 他)と、関連性を否定する研究(中津ら2022 他)とに分かれており、現在に至っても明確に心理、認知的機序について明らかにできる段階に至っていない。

しかしながら、McLuhan らの主張のように、仮に透過光に人の認知機能を抑制したり、低減させたりする作用があるとすれば、特に医療をはじめとする直接人命に関わる分野での使用や、生産現場での使用、さらに教育現場での使用において、このことがミスの発生を誘発し大きな損失を生み出している可能性があるといえる。

本研究は、人を対象とした心理実験を行い、上述の McLuhan らの説のように LCD 表示機における反射光と透過光の 2 つの投光方式が、人の認知機能に違いをもたらすことを裏付ける証左が得られるかを確認しようと試みたものである。

2. 研究方法

心理実験用ソフトウェアから生成される視覚刺激を用いて行い、被験者は表示機に表示された視覚刺激に関する課題に手元の反応機で押釦することで回答、または課題により口頭で回答するようデザインした。

この実験では、①被験者の反応時間、②課題に対する正答率と無答率、③視覚刺激の再現度を評価するために、ソフトウェアの内部記録機能(データロガー)によって各時間と反応信号を記録し、同じ視覚刺激を透過光表示したときと、反射光表示したときとの差異について検討できるようデザインした。

しかし、このようなソフトウェアを使用した先行研究において、内部記録に不安定さが見られるという指摘が複数あったため、測定の精度を評価するために外部のデータロガーによる記録を並行して行い、2 系統のデータを回収できるよう実験環境を構築した。

また、実験前後の被験者の心理変化を把握する目的で、主観評価項目を設定した質問紙調査を試験終了後に行い、被験者の主観が与える影響についても評価が可能なようにした。

反射光型と透過光型のディスプレイの視認性に関する先行研究では、投光方式の異なる液晶タブレットを用いた例(松山・池内 2015)や、TV などの液晶表示機とプロジェクターからスクリーンへの投光表示との比較をした例(中津ら 2022)のように、提示刺激を提示する表示媒体に輝度、コントラスト、および解像度において大きな違いがあるため、必ずしも反射光と透過光の純粋な比較であるといえない部分がある。

実験で提示する 2 つの投光方式による表示が可能な限り均一になるよう、本研究では液晶表示機の視認性の評価項目として多く用いられる、輝度、コントラスト、解像度の 3 点に関して条件を整えるよう注意を払った。

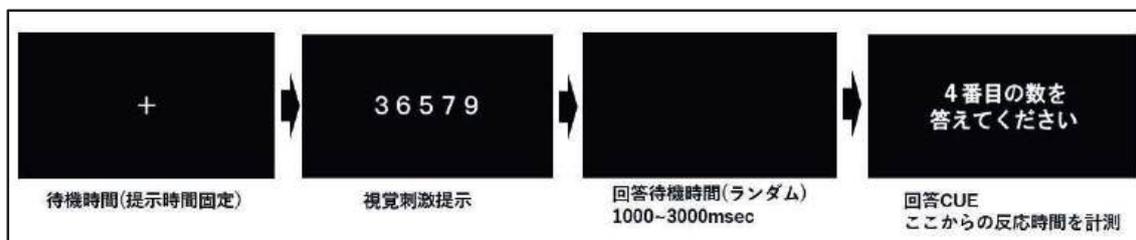
また、視覚は表示機の表面素材や、表示機周辺からの輻射光にも大きく影響されることが知られている。そのため実験に用いる表示機の LCD や画面表層のシートは同一のものとすること、輻射光対策として実験ブース内部を全て低反射加工された暗幕で覆うことなど、視覚刺激以外の影響の除去に細心の注意を払った。

被験者に提示する視覚刺激は、①方向を示すことができる図形(図形自体に意味が存在しないもの)、②数字や文字(意味をもつもの)の 2 種類を用意し、①については図形の方向を回答させる強制選択試験、②については提示した数字、文字や、その正誤について口頭で答えさせる試験

を行い、被験者の反応の変化を検討できるようデザインした。

特に①においては図形の提示時間を 50～1500sec の範囲で多段階に設定し、被験者の注意力の変化を評価できるようにした。

【視覚刺激の提示例】



3. 研究成果

現段階でデータ回収のための環境や機器更新など、実験プロトコルの度重なる変更を余儀なくされたため、準備段階で多くの時間を要し、解析に必要なデータ数が得られておらず、検討の成果として十分なものを示すことができる段階に至っていない。

そのため、ここでは現段階までに多くの時間を要した経緯、要因とその解決策、また実験機器と環境の構築において、同様の実験をする際に留意すべき内容についてまとめておきたい。

(1) 実験機器、環境に起因する遅延について

視覚刺激に伴う反応時間の評価を正しく行うためには、ミリセカンド単位での計測が必須となる。しかしながら、心理学実験などで多く用いられている、PC とソフトウェアを利用した視覚刺激提示や被験者反応の記録において、機器や実験環境に起因する遅延を少なくし、ミリセカンド単位のデータ記録を安定したものにするためには、現状かなり多くの課題が存在する。

PC を使用する実験では、OS やソフトウェア動作に要する遅延のほかに、USB 接続する反応機からの信号処理による遅延（接続機器と処理によって異なる）、接続機器との通信ポーリングレートによる遅延（5～24msec）、ディスプレイに信号が受信されてから提示が表示完了するまでのLCDのリフレッシュレートによる遅延（一般的に17～20msec）などを可能な限り小さく、また正確な評価に用いることができるよう一定のものに制御する必要がある。

また、当初はソフトウェアのデータロガー機能の利用を予定していたが、この機能についてはミリセカンド単位では安定した記録が行われていないという複数の指摘があるほか、上述した機器間通信に由来する遅延によって、評価に適したデータの回収が難しいことが分かった。

(2) 反応器、センサーによる遅延への対応の試行

当初はPCからの視覚刺激を出力し、PCのキーボードでの入力を記録するというシンプルな構成を予定していたが、上述したミリセカンド単位での遅延の問題への対応のため、被験者の反応を捉える反応機や、ディスプレイへの表示を光学的に捉える光センサーなどからの外部入力信号処理で遅延の発生しにくいマイクロコンピュータを利用した入力系システムへの変更を開始

した。

Bluetooth通信が可能なEspressif Systems製のESP32を搭載したM5stackに自作の光センサーユニットを接続して画面表示を捉え、Bluetooth通信でゲーム패드からの被験者反応を捉えられるように設定し、M5stackをデータロガーとして利用するシステムを構成した。

このシステムで試行した結果、新たに2点の問題が発生した。

1点目は、視覚刺激表示時の光を感光する光センサーの感度調整が非常に困難であるという問題であった。本実験では、反射光と透過光という2つの投光方式によって視覚刺激を表示するが、光センサーに対して直接投光する形になる透過光表示と、ディスプレイ表面からの光を捉える反射光表示では、センサーの受光部が捉える光の照度が大きく異なる。このことは先述したように2つの投光方式による表示を比較できる条件を整えるうえでも大きな課題の一つである。

表示機の調整は、輝度計による計測をしながら透過光表示時には白表示部分の白度の調整やバックライトの光量を減光する等の対応を行い、反射光表示と同等の輝度、コントラストに制御することができた。しかし、特に反射光受光時のセンサーからの信号が不安定になりがちであり、この解決のためにM5stackの光センサーユニット利用に変更したり、受光部に集光するための装置を設置したりするなどの工夫を行った。

2点目は、被験者反応を捉えるためのゲーム패드からの通信によって発生する遅延の問題であった。表示機から目を離すことなく、反応がしやすいうえ、配線処理の心配がないよう、Bluetooth通信のできるゲーム패드を採用していたが、Bluetooth通信による遅延が110～220msecという大きなものであり、さらに遅延時間が不安定であることから、このシステムの採用を断念した。

(3) より高精度な記録が可能なソフトウェアへの更新について

被験者の反応時間をミリ秒単位で可能な限り遅延なく正確に捉えられるよう、国内外のソフトウェア、反応機などの情報を再度収集した。その結果、心理実験用ソフトウェアとしてよく用いられるもののうち、Cedrus社のSuperlab6と同社の提供するレスポンス패드Riponda、外部機器とのインターフェースであるM-podを使用することで、機器間の通信遅延を5msecに抑えることができることが分かった。またPsychology Software Tools社のE-Prime3と同社の提供する応答・刺激デバイスChronosの使用によって、機器間の通信遅延は1msecまで抑えることができることが分かった。

そのためSuperlab6を使用した視覚刺激の提示からの一連の実験を準備してきたが、ソフトウェアをE-Prime3に変更し、より高精度なデータ取得が可能になるようにすることができた。

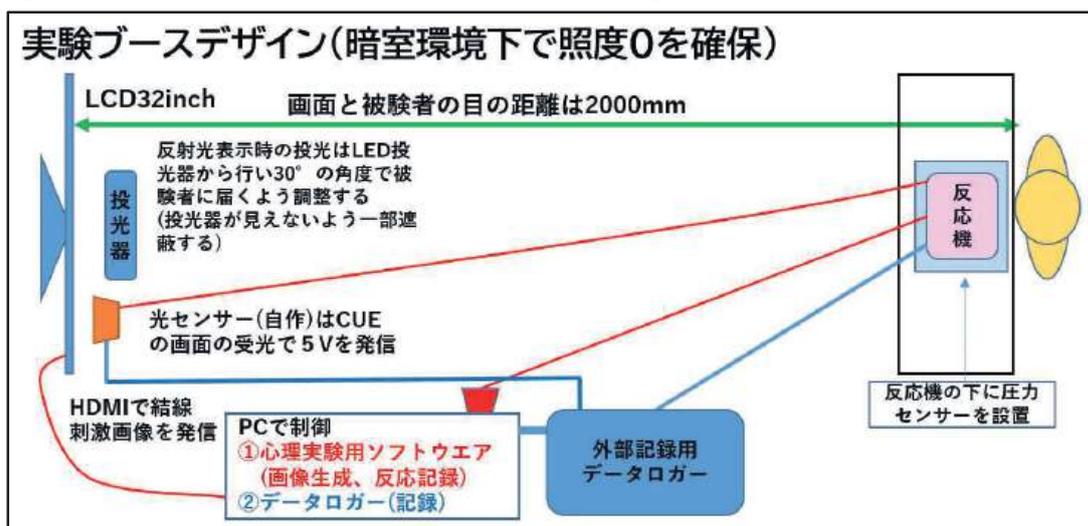
(4) 外部記録の方法について

上述したように、実験の運用にPCをはじめとした電子機器を使用することによる遅延に対する対策が、この実験において評価、検討に大きく影響すると考えられる。

そのため、ソフトウェアによる実験運営を、USBやBluetoothなどの遅延の大きな接続方式を

避け、反応時間に関してより正確な測定をするため、①光センサーによる画面表示時間の記録、②圧力センサーによる被験者反応（押釦）時間の記録、の2つをマイクロ秒単位で記録できるデータロガーを用いて外部で記録し、ソフトウェア内部の記録との差がないかを検討できるようにした。

【被験者反応データ取得のための機器接続レイアウト】



4. 今後の展望

現段階で解析、評価に必要な数のデータが揃っていない状況であることから、当面はさらなる被験者を募ってデータの回収を進めていきたい。また、表示時間の絞り込み、表示内容の適正について、関連の先行研究を実施した研究者と連携、協議を進めてきており、実験を進めつつ、これらの点について改善を図っていきたい。

また上述した遅延要因のほかにも、表示の滲みという液晶ディスプレイ特有の問題や、瞬きやマイクロサックード（固視中の眼球の高速の跳躍的運動）などの視覚や神経活動に関する問題など、ミリ秒単位での記録の評価を適正なものにするために配慮すべき多くの課題が存在する。実験を進めながらこれらの問題に対する対応も検討していきたい。

今後は本研究の問いである2つの投光方式による人の視覚認知に対する変化を評価できる十分なデータ数が揃った時点で、解析結果などを添えて所属学会等で報告したいと考えている。

5. 参考文献

- ・有馬哲夫(2007)『世界のしくみが見える「メディア論」有馬哲夫教授の早大講義録』宝島社新書
- ・H.M. McLuhan(1988): "Laws of Media: the New Science" 「メディアの法則」NTT出版(2002).
- ・Anne Mangen, Bente R. Walgermo, Kolbjørn Brønnick (2013).
Reading linear texts on paper versus computer screen: Effects on reading comprehension.
International Journal of Educational Research 58, 61-68.

- ・ Erik Wästlund, Henrik Reinikka, Torsten Norlander, Trevor Archer(2005).
Effects of VDT and paper presentation on consumption and production of information: Psychological and physiological factors. *Computers in Human Behavior* 21(2), 377-394.
- ・ 松山麻珠、池内淳(2015)「表示媒体の違いが誤りを探す読みに与える影響」
情報処理学会研究報告、Vol.2015-ICH-162, No.2.
- ・ 中津良平、土佐尚子、高田浩之、楠見孝(2022)
「情報表示における反射光と透過光の違いが心理に与える影響の評価」
情報科学技術フォーラム講演論文集 21 第3分冊 319-323
- ・ 大澤真幸(2005)『メディアの再身体化と公的な知の不在』学芸総合誌・季刊 環 20 藤原書店
- ・ 「透過光と反射光で人間の認知モードが違うというのは本当か?」
https://blogs.itmedia.co.jp/docconsul/2019/05/post_107.html
- ・ 「回転窓:反射光と投射光の違い」日刊建設工業新聞、論説・コラム (2015).
<https://www.decn.co.jp/?p=26493>
- ・ 「紙に印刷すると間違いに気づく理由」リコー経済社会研究所 (2020).
https://blogs.ricoh.co.jp/RISB/new_virus/post_604.html
- ・ 「紙媒体の方がディスプレイより理解できる」ダイレクトメールに関する脳科学実験で確認
<https://www.edge.toppan.com/news/2013/0723.html>

