



2019

地域イノベーション研究 vol.7

Regional Innovation Research

巻 頭 言

令和2年は正月早々、「中国の武漢でSARS（重症急性呼吸器症候群、2002～2003年に中国南部に端を発し、32か国・地域への感染拡大がみられた）に似た感染症が発生したらしい。」というニュースから始まりました。SARSコロナウイルス（SARS-CoV）の変種と考えられるこの病原因子はSARSコロナウイルス2（SARS-CoV2）と名付けられましたが、結果的に全世界的な感染爆発となり、3月にWHO（世界保健機関）からパンデミック宣言が出されました。日本でも初期にはなんとか防疫に成功していたように見えたのですが、3月以降の首都圏を中心とした感染拡大から全国に緊急事態宣言が出されて現在に至っています。前回のSARSでは感染者がなかった日本ですが、それはまったく偶然のことで、たまたま感染者が日本に入国しなかっただけだと考えられています（押谷 2013）。前回のSARSやMARS（中東呼吸器症候群、2012年）で被害が少なかった日本では、感染の有無に必要なPCR検査システムの不備が今回あらわになりました。本学にも、私が管理・運用しているPCR機器の貸し出しについて問い合わせが来ております。検査技術者の不足（人材育成の不備）も指摘されているところです。気になって検査マニュアルをダウンロードして読んでみましたが、確かに分子生物学実験の未経験者には難しい検査だという気がします。将来も、このような病原体による重篤な病状の世界的流行は、十分に予測できます。そのためにも対応できる人材（検査技術だけではなく、データの評価も含めた高度専門人材）の育成は急務です。

さて、このいわゆる「新型コロナ事態」は、私たちの社会に大きな変化をもたらしました。テレワークが推奨され、大学の講義もオンライン化されました。もしかすると新学期が9月になるかもしれません。「アフターコロナ」の社会はどのようになるのでしょうか。私の大学時代の友人は約1年前に会社を中途退職し、山口県の山奥に移住して民宿を始めました。ある大企業のアメリカ法人のCEO（最高経営責任者）をやっていた男です。「後半生はこれまでとは全く違うことをして、好きな場所で生きる。」つもりなのです。今後、人生100年時代になることを考えると、これまでのような1サイクルの人生設計ではなく、2サイクル（第2の人生）の人生設計という考えを持つ彼のような人間は、今後増えていくかもしれません。アフターコロナの社会が、「どこに住んでいようといつでも誰とでもつながり」、「随時、発出する仕事（プロジェクト）にその都度、最適な人間を雇用し」、「好きな時に必要な知識や技量を学ぶことができる」ように変化することで、人々は長い人生を有意義に生きることができるのではないのでしょうか。

昨年の本報告書の巻頭言を再録します。「私の考える地域の価値とは、風土、つまり自然環境に基づく社会や文化の総体の中で人々が生きていく価値です。個々のパーツごとの価値、この場合は経済力や文化的価値などの通貨指標によって一般化しやすい価値ではなく、その組み合わせの中で生きていく全体の価値です。簡単にいうと、そこで生きていくことが好ましいかどうか、という価値観です。」当センターでは、令和元年度にも鳥取県の各地域の価値を自然科学的、社会的に再定義することを目的として、5件の課題で研究を行いました。中でも環境学部の山本准教授による高度な化学分析データを鳥取県の農水産物のブランド化に役立てる試みは、まさに鳥取県独自の風土の価値を可視化して全世界に発信する研究です。山本准教授が可視化した価値は、経営学部の教授陣の専門知をもってより具体的に社会に伝達しなければなりません。また、そのデータはかけがえのない鳥取の自然環境を保全し、未来に残していくための基礎になるかもしれません。そのような地道な研究の総体として、鳥取県に居住して人生を送る、真の意味の「地域の価値」を定義できるのではないかと考えています。

参考文献 押谷仁 (2013) 小児感染免疫 25(2):185-188

令和2年5月

地域イノベーション研究センター長 吉永 郁生

【目次】

地域活性化に求められる地方公立大学の役割に関する実証的調査研究

—人材開発の視点から—

経営学部経営学科 兪 成華…………… 1

環大経営学部がやるしかない!!

—鳥取における鳥取のための産官学連携シカ肉によるPBL教育—

経営学部経営学科 竹内 由佳……………14

鳥取県産農水産物のブランド化を支援する化学分析データ解析手法の高度化

環境学部環境学科 山本 敦史……………23

鳥取県東部大谷海岸における2019年春季から秋季の藻場の現状

環境学部環境学科 太田太郎・吉永郁生

大河内美帆 (現 株式会社 ツツワフロンテック) ……31

千代川水系に設置された魚道の流速と水深の調査について

環境学部環境学科 太田太郎・吉永郁生

工藤達也 (現 大同コンサルタンツ株式会社) ……38

大山地域における送粉昆虫の多様性と植物の交配様式の関係

環境学部環境学科 笠木 哲也……………47

地域活性化に求められる地方公立大学の役割に 関する実証的調査研究 —人材開発の視点から—

経営学部経営学科 兪 成 華

1. 研究の背景と目的

日本は2008年より人口減少時代に入り、超高齢化社会を迎えている。2014年9月に第2次安倍政権は、「まち・ひと・しごと創生総合戦略」（「地方創生戦略」という）を打ち出したが、地方の人口減少・流出に歯止めがかからない状況である。また、地方創生戦略の下で、地方大学の強化が求められている。2015年、文科省は「地（知）の拠点大学による地方創生推進事業（COC+）」を開始し、大学による地域活性化を推進している。これに関連して、地方公立大学は、産官学によるコンソーシアムを構築し、教員の研究成果の積極的な公開などの共同プロジェクトを行うことを通じて、地域社会に貢献できる。しかしながら、地方公立大学はもちろんのこと、すべての大学の使命は教育と研究にあるものの、地域社会貢献や地域活性化のため、大学の技術やシーズとする研究成果だけを期待することが読み取れる。また、大学の存続・発展のため、学生の獲得といった「入口戦略」ばかりが活発化しているが、学生の就職といった「出口戦略」については議論が低調である。学生の就職は地域内人材需要とのマッチングの中に議論されるべき課題であり、この点において地方公立大学は地域社会、自治体・地元企業にフィットした人材の育成対策が遅れていると感じられるため、地域活性化に向けた意識変革が不可欠であると考えられる。

本研究では持続的な地域発展において地方公立大学が果たす人材育成の役割を明らかにするため、地域社会、自治体、地元企業に対するアンケート調査とインタビュー調査をもとに実証的に考察する。第一に、理論面に関しては、地域の活性化と人材育成との関係について検討する。例えば、一般に産学連携、若手リーダーの育成、インターンシッププログラムなどの取り組みは地域が求める優れた人材を育成することが目的とされる、これらに関してケース分析を行い、地域活性化につながる人材育成の実践的な仕組みづくりを明らかにする。第二に、地域が求める優れた人材像を明らかにするために、鳥取県内企業、自治体に対するアンケート調査とインタビュー調査を行う。また、調査から得られた結果は、地方公立大学が行っている現行の人材育成（教育プログラム）と比較・検討し、大学教育の現場と地域社会の実態との間にある乖離を明らかにする。

2. アンケート調査とインタビュー調査の概要

(1) アンケート調査

①調査項目

アンケート調査票（文末の付録）を参照すること

②調査対象

鳥取県内企業 200社（県外企業の県内分社や営業所を含む）

注：調査対象の選定は『とっとり企業ガイド2019』を参照する。

③調査時期

2019年10月10日～11月30日

④調査方法

郵送配布、郵送回収

⑤回収結果

有効回収数：134社

有効回収率：67%

(2) インタビュー調査

①対象企業

アンケート調査回答を得られた企業 16社

②調査時期

2019年12月～2020年2月

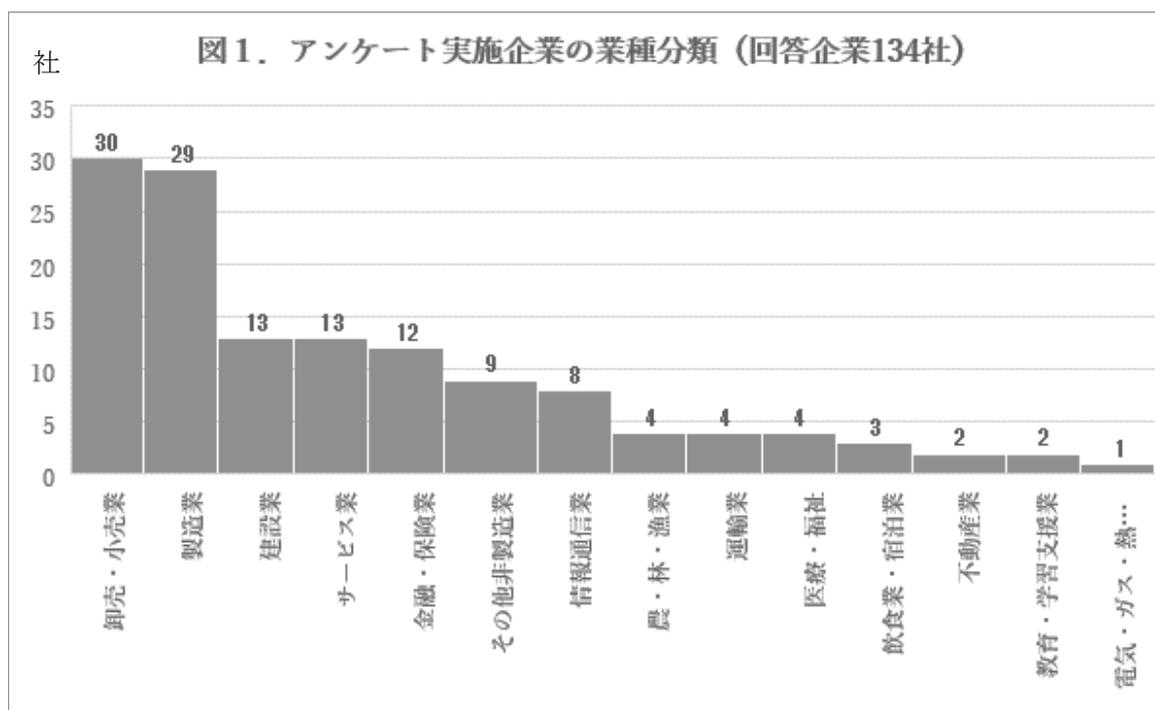
③調査方法

企業訪問（60分 経営者と人事担当者のインタビュー 30分 工場（事業所）見学）

3. アンケート調査とインタビュー調査の結果分析

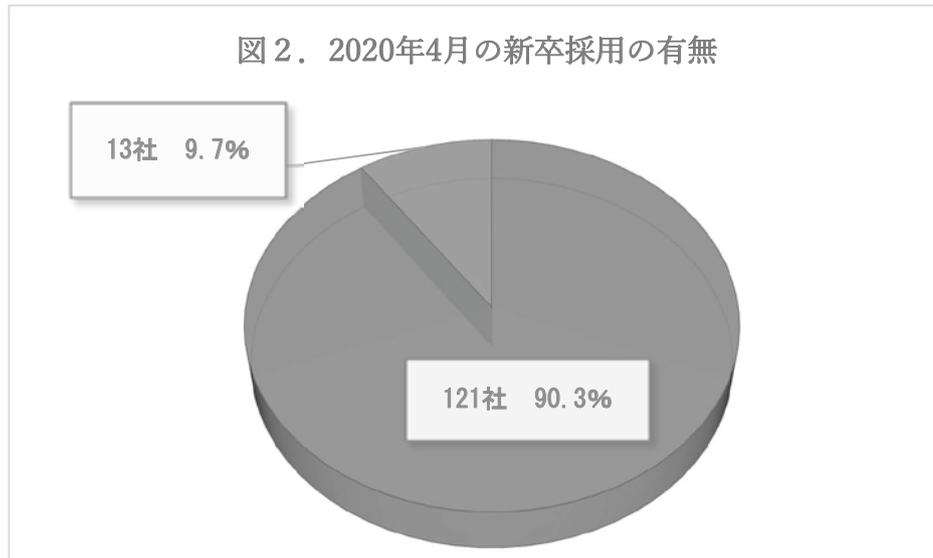
(1) アンケート調査の結果分析

①調査対象企業134社の属性（業種）



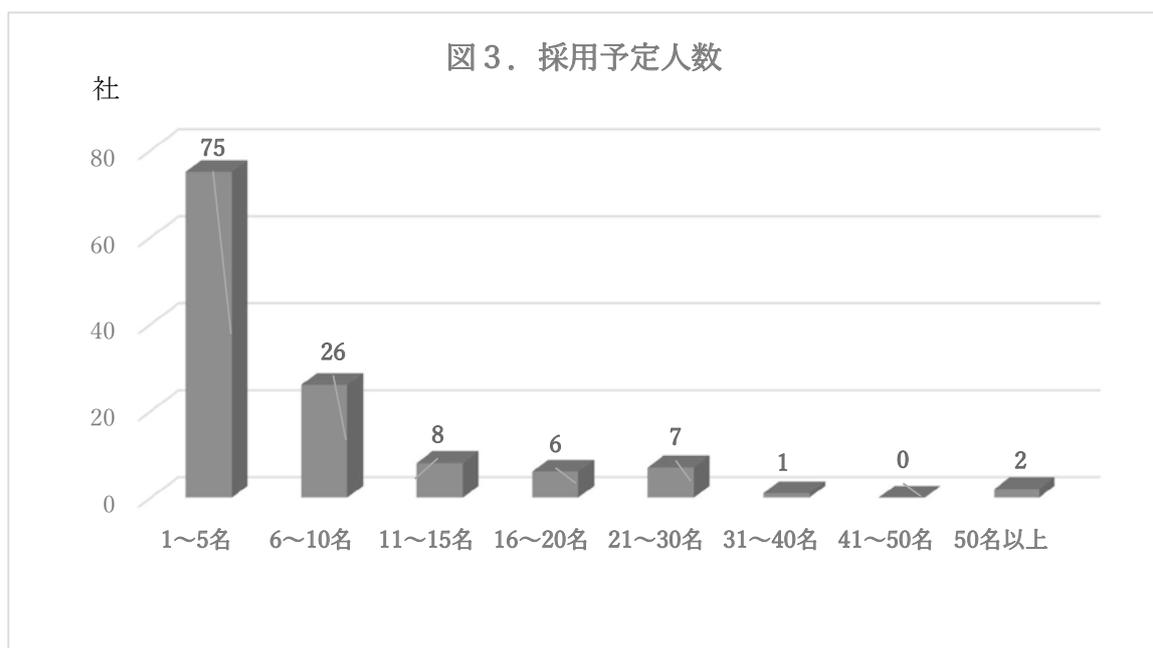
業種は地域によって大きく異なっている。卸売・小売業と製造業は、調査対象企業の44%を占めている。鳥取県の基幹産業である電気機械関連産業を中心に、中小・零細企業が多い。

②2020年4月の新卒採用選考活動



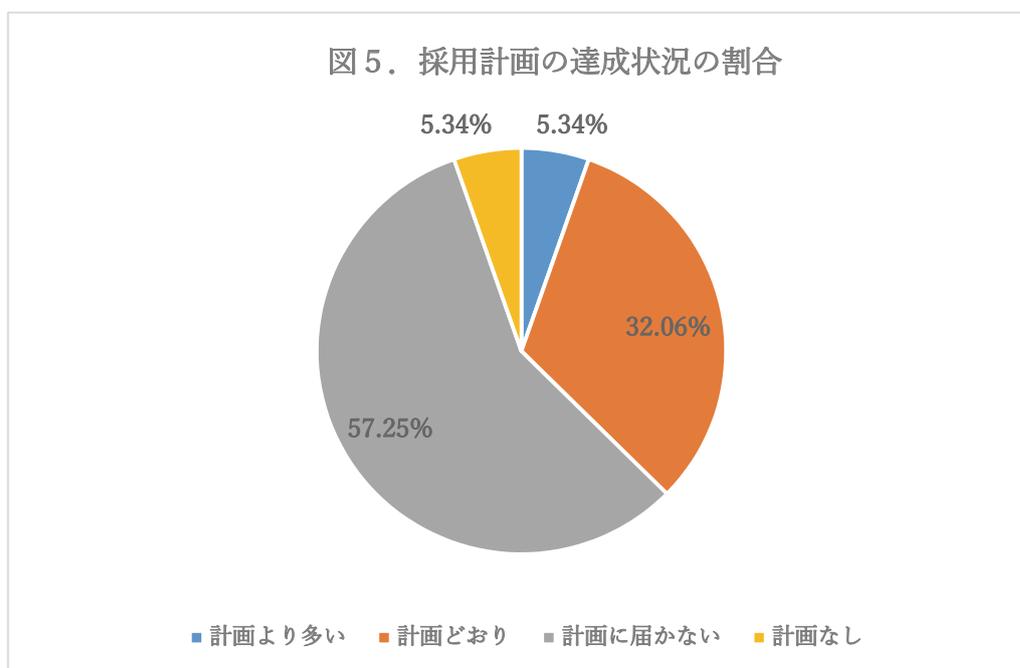
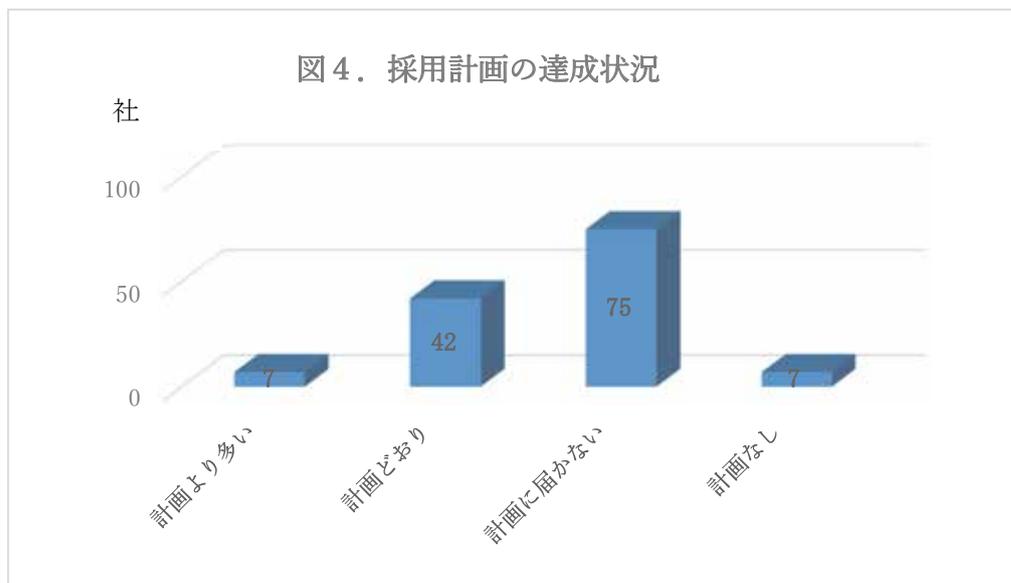
調査対象企業の90%が新卒採用を行っている。高専卒と短大卒を含む。インタビュー調査によると、近年人手不足で新卒採用を辞めた企業が増加している。代わりに通年採用（中途採用）に積極的に取り組んでいる。

③採用予定人数



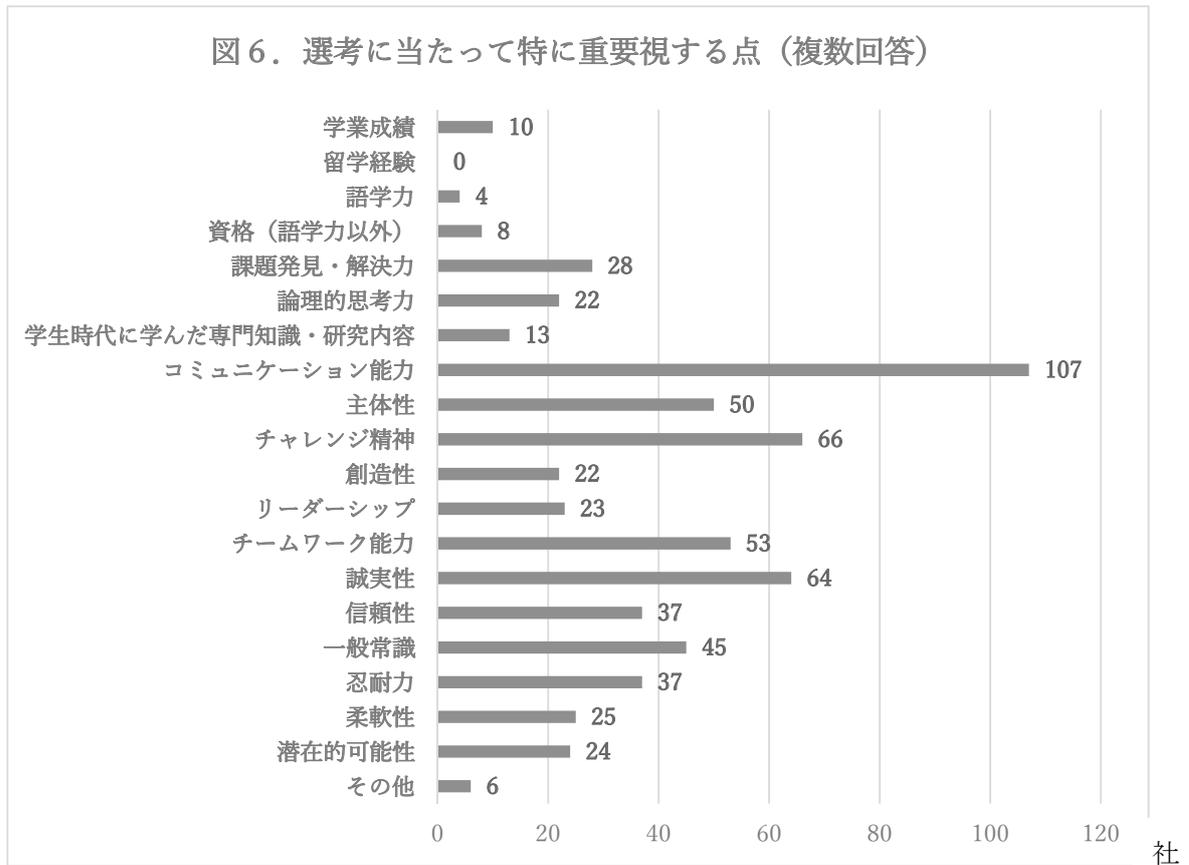
調査対象企業の社員人数は200名以内の中小企業が9割を占めている。企業のビジネス規模に合わせて1～10名の採用が圧倒的に多い。アンケート調査票を回答した企業125社の80.8%を占めている。一方で、50名以上の採用を計画している企業2社は、金融業（銀行）と卸売・小売業（チェーン店）である。

④採用計画の達成状況



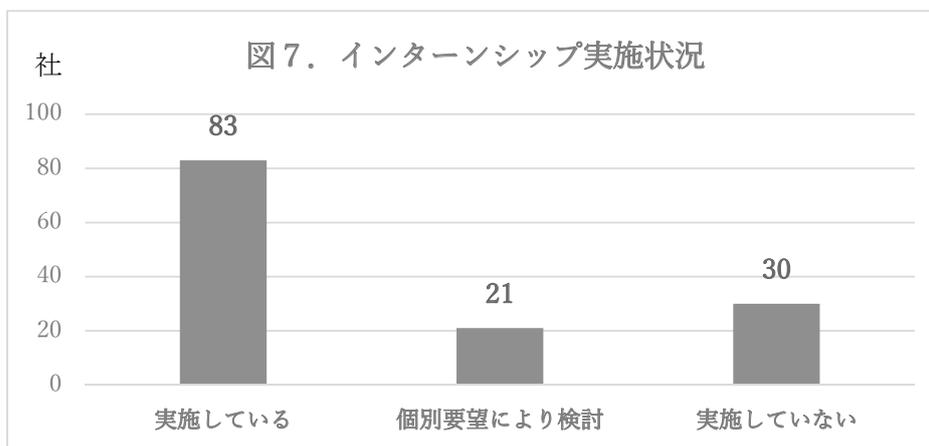
近年、大企業・中小企業を問わず、働き手の不足は深刻化している。調査対象企業の約57%が採用計画に届かない状況になっている。特に、製造業の工場です人手不足が深刻化している。学生（文科系）は製造業のイメージに対する理解が不十分で、敬遠している。

⑤選考活動に当たって特に重要視する点（複数回答）



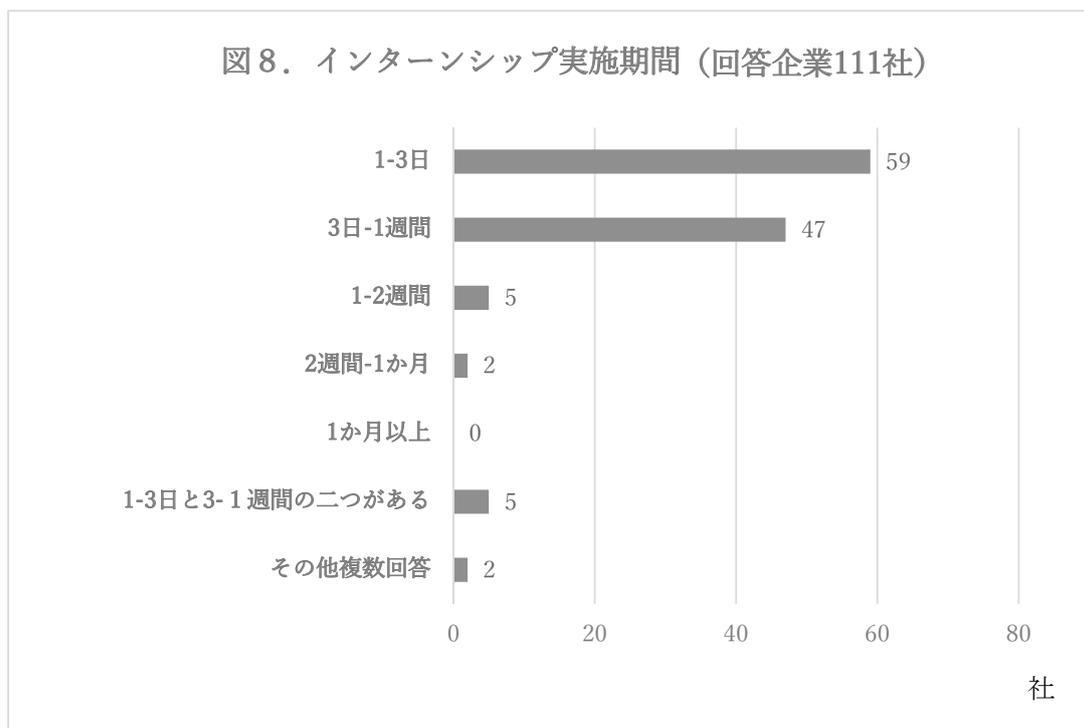
新卒採用時に企業が求める大学生の能力は、産業社会全体の変化から影響を受けており、大企業、中小企業など企業規模にも大きく変化している。多くの先行実証的調査と同様に、学生の学業成績、取得資格や専門知識・研究内容などより、コミュニケーション能力、チャレンジ精神、チームワーク能力、誠実性、主体性、一般常識という要素を求められている。いわゆる、一般社会人としての基礎能力を、面接などで測り、採用に繋げていく。

⑥インターンシップの実施状況



最近、大企業をはじめ、インターンシップを実施する企業が急激に増えてきている。新卒採用スケジュールが毎年のように変更されている中、企業は少しでも早く優秀な人材を獲得しようと、経団連が定めるスケジュールよりも前に、早期の選考を行う必要がでてきた。また、学生の働くイメージをよく理解した上、入社してもらうことで、ミスマッチングで早期離職を防止する。一方で、学生の立場では「インターンシップへの参加が、就活のプロセスとして一般化している」と言われている、多くの学生がインターンシップに参加したいという要望が高まっている。要するに、インターンシップを実施すると、提供側も参加者側も多くのメリットを得ることになる。今回のアンケート調査とインタビュー調査によると、83社（全体の62%）がインターンシップを重要視していることが明らかになっている。しかし、30社（全体の22%）はインターンシップを実施していない。その理由は、「受け入れ体制が整っていない」「余裕がない」が多くみられる。

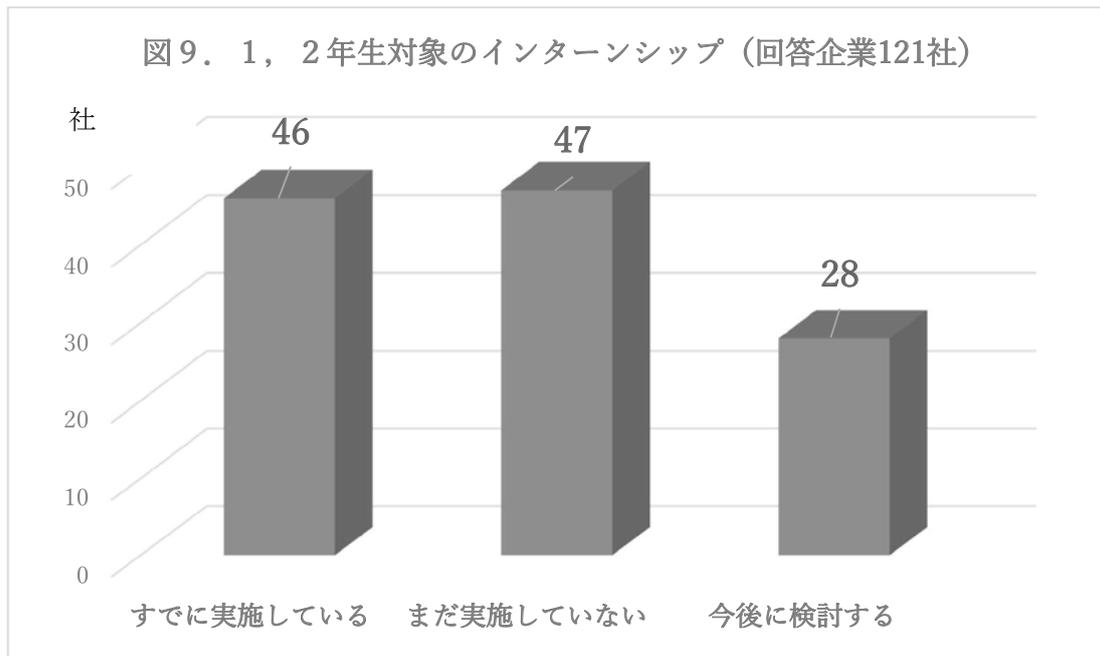
⑦インターンシップ実施期間



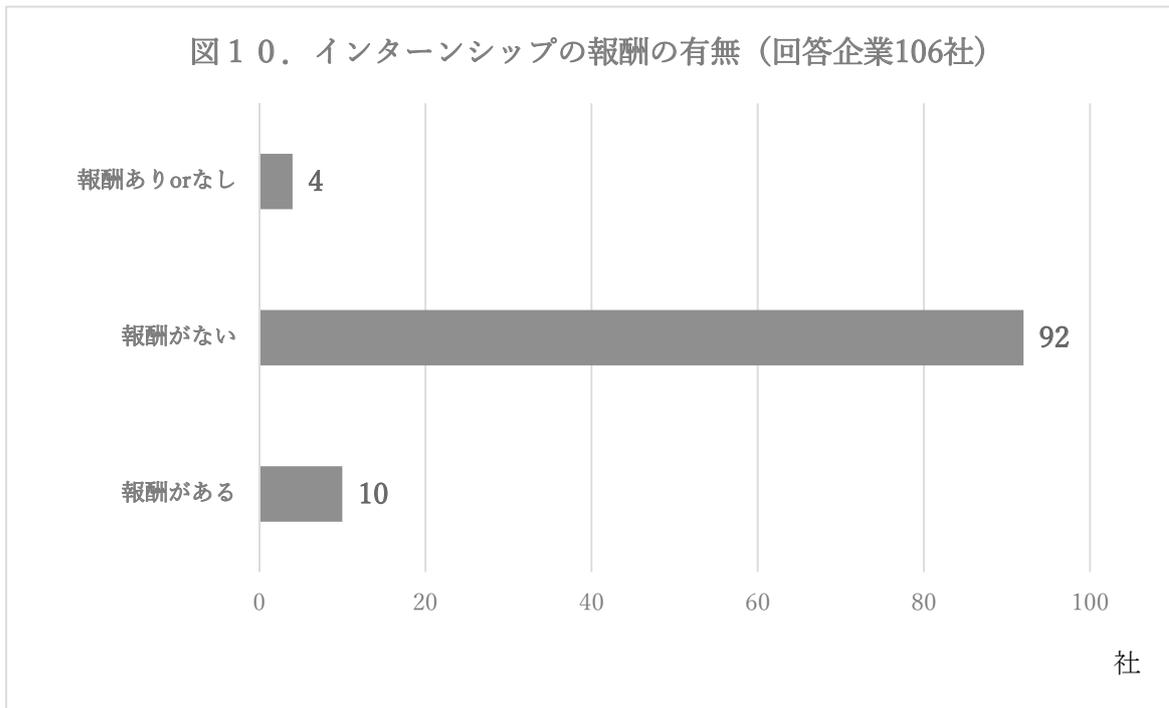
企業が実施するインターンシップ期間は、1 - 3日が約53%、3日 - 1週間が42%となっている。即ち、1日 - 1週間という短期インターンシップは、全体企業の95%を占めている。学生が興味のある会社情報を単に得るため、参加日数が短くなる傾向が見て取れる。

⑧1、2年生対象のインターンシップの実施状況

インターンシップは大学3年生が就活のために行くものと考えられている。近年、優秀人材との接点を早く持つため、多くの企業は、3年生を対象とするインターンシップにおいて、1、2年生も参加することが可能となっている。

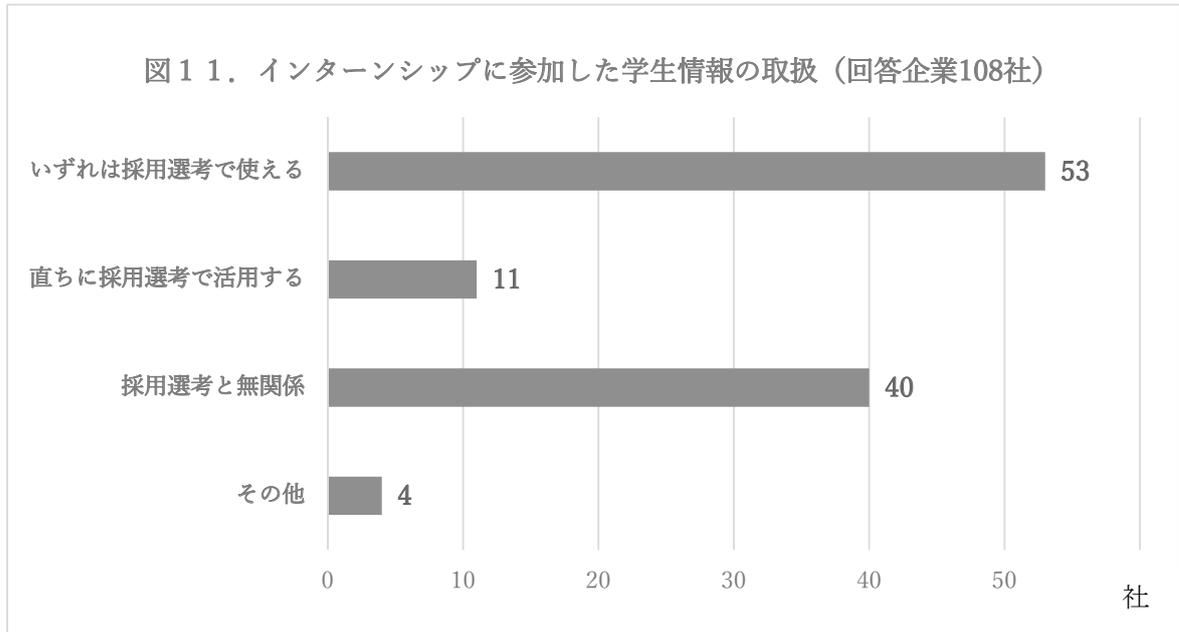


⑨インターンシップの報酬の有無



有給か無給かは、企業やインターンプログラムによって違う。基本的には1日や数日の短期インターンは無給のことが多く、数週間以上の中期間・長期間のインターンは有給となるケースが多い。インターンシップ実施期間の結果をみると、実施期間が1週間以内のものは、95%を占めている。当然ながら、無給となるインターンシップが圧倒的に多くなっている。

⑩インターンシップに参加した学生情報の取扱い



就職活動のひとつとして参加するインターンシップは「本採用とは関係ありません」と記載されていることがほとんどである。今回調査をみると、37%の企業は、インターンシップに参加しても、その後の採用試験で有利になるなどの待遇はないという旨を表している。10%の企業は、インターンシップに参加した学生情報を採用選考で活用する。また、半分程度の企業は、はっきりしていない現状である。

(2) インタビュー調査

アンケート調査の補完的なツールとしてのインタビュー調査は、ビジネス界の第一線で活躍している経営者と人事担当者の生の声を反映するため、実施された。

①採用に関する声

人手不足の深刻化や雇用のミスマッチなど複雑な問題が絡み合って、多くの企業にさまざまな影響を与えている。

- * 「優秀な人材を確保できない」（情報通信会社、事務機器代理販売会社）
- * 「人材が育つ前にやめてしまう。なかなか定着しない。」（自動車販売ディーラー）
- * 「募集しているが、計画採用人数を満たさない。外国人技能実習制度を活用して、ベトナムや中国の技能実習生を採用している」（電気機器器具メーカー、金属製品加工メーカー2社）
- * 「現場作業員が足りない、管理者もラインに入って作業するのはしばしばある」（自動車の二次下請け部品メーカー）
- * 「中途採用も行っている。JIUターン採用も積極的に取り入れている」（菓子メーカー）
- * 「最近、大学生の元気さがなく、主体性・積極性が欠如」（建築材料の卸売業）
- * 「真面目過ぎる面、勉強以外の体験（興味や遊び）が少な過ぎる」（飲食料品メーカー）

②インターンシップに関する声

- * インターンシップの実施時期は学生の長期休暇となる夏休みが多いが、春休みや冬休みに実施する企業もある。
- * 多くの中小・零細企業（特に町工場）は、インターンシップに積極的に取り組んでいるが、参加する学生が少ない。
- * 基本的に短期インターンシップは1日～数日の短期間で行われることが多い。実施期間が短いため、多くの学生に業界や企業を知ってもらうことを目的として行われることが多くなる。一般的には、会社説明や会社見学、社員が業界や会社の特徴などをセミナー形式で伝える内容が多くみられる。また、中には社員との交流会を行う企業もある。例えば、1 dayインターンは、その名の通り1日限定で開催されるインターンシップである。その内容としては、「事業説明」「グループワーク」「ディスカッション」「座談会」「セミナー」「ワークショップ」「社内見学」などが中心になる。
- * 今後、学生のやる気次第で社員と同様の裁量で働くことも可能なため、長期インターンシップの実施は、即戦力の採用を目的として行っている企業に多くみられる。
- * インターンシップに参加した学生には有利な取り組みがある。企業側には面接官や人事の担当者は、採用試験に臨む学生がインターンシップに参加していたかどうかで、学生の自分の会社に対する入社意欲や熱意を感じ取ることができるという声を挙げている。

4. まとめ（暫定）

近年、人手不足が顕在化している。働き方改革関連法の施行が迫る中、人手の過不足が企業の採用活動と学生就職活動に影響を与えている。

多くの学生は、企業との最初の接点が企業の採用情報を提供する求人サイトであると言われ、マイナビやリクナビ求人サイトに登録している。鳥取県の企業、特に中小・零細企業は、マイナビやリクナビ求人サイトに登録しておらず、基本的にふるさと鳥取県定住機構、とっとり就職応援サイトやハローワークを利用している。出発点で学生と地元企業のミスマッチングが起こっている。地元企業は、人員を募集しているが、学生が来ないという「採用難」が深刻化している。特に製造業・建設業・宿泊業などは当初の計画通りの人数を採用できていない現状である。ふるさと鳥取県定住機構が行っている就職イベントになかなか参加できなかった地元企業は、不満の声を挙げている。大学に対して、地元企業限定学内合同セミナーを年間数回、開催するような要望がある。

インターンシップの実施期間については、現状においては様々であるが、インターンシップの教育目的や教育効果などを踏まえながら、企業等受け入れ状況や意見を十分に聞き、適切な期間を選択する必要がある。また、採用・就職活動の秩序の維持にも配慮する必要がある。学生就職活動が年々早くなっている。多くの学生は、普段の会社説明会とみなして、1 Dayインターンシップを利用して企業の情報を収集している。一方で、受け入れる企業と協力しながら、長期インターンシップ（14日以上）を科目単位として認定する制度設計が必要になるだろう。

最後に、業界に対する理解を深めるため、第一線で活躍している経営者と専門家を招き、講義や講演会を開くこと。これによって、学生の知識を増やし、かつ学生と企業との交流のきっかけを作るこ

とも重要である。

参考文献

- [1] 梅崎修・田澤実（2013）『大学生の学びとキャリア—入学前から卒業後までの継続調査の分析』法政大学出版局
- [2] 梅崎修・田澤実・佐藤一磨編（2019）『学生と企業のマッチング』法政大学出版局
- [3] 遠藤彰（2018）『鳥取の注目15社“強小パワー”で鳥取の未来を切り開く!』ダイヤモンド社
- [4] 片寄裕市（2018）『戦略的「地方創生」入門』幻冬舎
- [5] 小林英嗣他（2008）『地域と大学の共創まちづくり』学芸出版社
- [6] 佐藤均（2016）『事業拡大を実現する中小企業のための「長期インターン」活用戦略』幻冬舎
- [7] 事業構想大学院大学出版部（2018）『地域活性のための産官学ベストプラクティス』宣伝会議
- [8] 高崎経済大学附属産業研究所（2010）『地方公立大学の未来』日本経済評論社
- [9] 高橋寛人（2009）『20世紀日本の公立大学—地域はなぜ大学を必要とするか』日本図書センター
- [10] 鶴蒔靖夫（2015）『大学からの地方創生 — 挑戦し続ける大学が地方を元気にする』IN通信社
- [11] 中島美佐穂（2018）『企業イメージを上げるインターンシップ活用法: 売り手市場でも優秀な人材を採用する』デザインエッグ社
- [12] 日本インターンシップ学会東日本支部編（2017）『インターンシップ実践ガイド—大学と企業の連携—』玉川大学出版部
- [13] 萩原誠（2016）『地域と大学—地方創生・地域再生の時代を迎えて—』南方新社
- [14] ふるさと鳥取県定住機構（2019）『とっとり企業ガイド2019』国立大学法人鳥取大学
- [15] 山田浩久（2019）『地域連携活動の実践—大学から発信する地方創生』海青社
- [16] 吉川卓治（2010）『公立大学の誕生—近代日本の大学と地域』名古屋大学出版会
- [17] 渡辺三枝子・久保田慶一（2011）『はじめてのインターンシップ』アルテスパブリッシング

付 録

1. アンケート調査依頼書

「地域活性化に求められる人材像」に関する調査

ご協力のお願い

謹啓

時下、ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。

この調査は公立鳥取環境大学特別研究費助成研究の一環として、各社の人事部長様を対象に、新人採用の動向、若手リーダーの育成、インターンシッププログラムなどの取り組みについて各社の現状、考え方をお尋ねし、また地域活性化が求められる人材像を明らかにすることを目的としております。

ご多忙のところ大変恐縮ですが、何卒ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

調査結果は調査報告書にまとめて、シンポジウム、学会、学術誌等で発表させていただく予定です。

尚、ご記入いただいた回答はすべて統計的に処理され、個別の企業、個人が特定される形で公開されることはございません。

ご回答内容および個人情報はすべて、調査研究者が所属している公立鳥取環境大学の情報管理規定に従い、責任をもって適切に管理いたします。

末筆ながら、皆様のご健勝を心よりお祈り申し上げます。

敬白

2019年10月吉日

〒689-1111 鳥取県鳥取市若葉台北1-1-1

公立鳥取環境大学 経営学部

担当：兪 成華

TEL：080-6679-8752

Mail：you-ch@kankyo-u.ac.jp

注：

本研究は公立鳥取環境大学特別研究費の助成を受けているが、本研究の主張や誤り等の一切の責任は調査研究者の個人に帰するものであり、所属機関の意見を代表するものではない。

2. アンケート調査票

「地域活性化に求められる人材像に関するアンケート」

I. あなたの会社について

会社名： _____

上場 / 非上場 該当に○をつけてください

従業員人数：()名 【内訳 正規社員()名 非正規社員()名】

業種：下の1から40までの中の一つ選んで○をつけてください。

【製造業】

- | | | |
|---------------------|------------------------|----------------|
| 1. 食料品製造業 | 2. 飲料・たばこ・飼料製造業 | 3. 繊維工業 |
| 4. 木材・木製品製造業（家具を除く） | 5. 家具・装備品製造業 | |
| 6. パルプ・紙・紙加工品製造業 | 7. 印刷・同関連業 | 8. 化学工業 |
| 9. 石油製品・石炭製品製造業 | 10. プラスチック製品製造業（別掲を除く） | |
| 11. ゴム製品製造業 | 12. なめし革・同製品・毛皮製造業 | |
| 13. 窯業土石製品製造業 | 14. 鉄鋼業 | 15. 非鉄金属製造業 |
| 16. 金属製品製造業 | 17.はん用機械器具製造業 | 18. 生産用機械器具製造業 |
| 19. 業務用機械器具製造業 | 20. 電子部品・デバイス・電子回路製造業 | |
| 21. 電気機械器具製造業 | 22. 情報通信機械器具製造業 | 23. 輸送用機械器具 |
| 24. その他の製造 | | |

【非製造業】

- | | | | | |
|-------------------|--------------|-----------|-------------|---------|
| 25. 農業 | 26. 林業 | 27. 漁業 | 28. 鉱業 | 29. 建設業 |
| 30. 電気・ガス・熱供給・水道業 | 31. 情報通信業 | 32. 運輸業 | | |
| 33. 卸売・小売業 | 34. 金融・保険業 | 35. 不動産業 | 36. 飲食業・宿泊業 | |
| 37. 医療・福祉 | 38. 教育・学習支援業 | 39. サービス業 | 40. その他非製造業 | |

II. 採用について

(1) 2020年4月の新卒採用選考活動を行っている

YES / NO

(2) 採用予定人数

- | | | |
|----------|----------|----------|
| ① 1～5名 | ② 6～10名 | ③ 11～15名 |
| ④ 16～20名 | ⑤ 21～30名 | ⑥ 31～40名 |
| ⑦ 41～50名 | ⑧ 50名以上 | |

裏面に続く

環大経営学部がやるしかない!!

－鳥取における鳥取のための産官学連携シカ肉によるPBL教育－

経営学部経営学科 竹内由佳

概要

本研究は、筆者の研究である社会的大義を訴求するマーケティングに関する研究（竹内2019；竹内2020）で得られた知見をもとに、ゼミナール活動を通じて産官学連携PBL（Project Based Learning、課題解決型学習）を行い、結果として地域の抱えている問題を解決し、地域活性化に貢献することを目的としている。そしてそれと同時に、この公立鳥取環境大学の知名度や認知度を上げるという「大学そのもの」をマーケティングしていくということ、さらには、「鳥取県自体」を魅力的な製品とみなし、全国そして世界に対して積極的にマーケティングを行っていくことを将来の展望として描いているものである。そのため、本研究は、半分が実践報告である。2019年夏から竹内ゼミナール3年生の行ってきた、社会的課題解決型マーケティング活動「プロジェクト・ヘルシュ」の内容を報告していき、最後にはそこから得られた学生たちの成長についてまとめることで締めくくる。

1. 社会的大義を訴求するマーケティング

1.1. マーケティングと社会

今日、企業はただ利益を得て、株主のみに説明責任があれば良いというわけではない。また、企業は、社会的な存在でなければならないとされている。企業の社会的責任（Corporate Social Responsibility、以下「CSR」）を果たさないで良いと考えている企業は数少ない。

特に、SDGsの観点から考えると企業に対して社会から寄せられている期待がとて大きいことがわかる。SDGsとは、Sustainable Development Goalsの略であり、日本語にすると「持続可能な開発目標」となる。これは2015年9月に国連総会にて採択された「我々の世界を変革する－持続可能な開発のための2030アジェンダ（以下、「2030アジェンダ」とする）」に記載された、2015年から2030年までに達成すべき国際目標を示しており、17のゴールと169のターゲットから構成されている（高井、2020）。

このSDGsは、すべての社会的主体に行動や協働を要請しており、企業にも主体的に解決を担うように求めており、2030アジェンダの第67条を見ると、SDGsにおける企業の役割として、積極的な活動、投資、そしてイノベーションを起こすことが期待されている（中尾、2020）。17のゴールの到達のためには、企業の持っているリソースやノウハウ、さらにはコネクションなど多種多様なものを用いることができることが示唆されていると考えることができる。つまり、SDGs達成のためにも、企業が積極的に関わっていくことこそが、社会から求められている企業の役割であり、かつ、それがビジネスとして成立することも期待されていると言える。

1.2. ソーシャル・マーケティング

社会から求められているものを、マーケティングの言葉で置き換えるならば、それはニーズである。ニーズとは、顧客の中に存在している「満たされていない何か」を示している。つまり、社会の中に生きる多くの人々の中には、「満たされていない何か」が存在しており、それを解決するために企業がノウハウや技術などを利用して能動的に関わっていくことが期待されているということである。

1970年代よりマーケティングのツールを用いて「満たされていない何か」を解決していくことを、ソーシャル・マーケティング (Social Marketing) として研究がなされている。特にその中でも、寄付付き商品の販売 (Cause-related Marketing、以下「CRM」) のように、消費者一人ひとりの行動にアプローチすることで、行動変革を促すことを考えてきていた。それらは、「満たされていない何か」をマーケティングにおける戦略的なツールとして利用することで、企業の製品やサービスをマーケティングすると同時に「満たされていない何か」の解決を促してきたということを意味している。「満たされていない何か」の多くは、地域課題や女性問題などといったいわゆる社会的な大義、社会的問題 (cause) と呼ばれているものである。CRMは、社会的な大義と関わっているNPOや行政などの団体と提携して行っており、その双方に利益がもたらされるマーケティング・プログラムである。そこから、そのNPOや行政、そして提携した企業には、プログラムについて詳細な目的や将来の展望があることがうかがえる。しかしながら、消費者一人ひとりの行動にアプローチするだけでは、そのプログラムを組んだ企業やNPOの期待した意味で社会的な大義を訴求することは難しい (竹内2019; 竹内2020)。例えば、あるジュースを購入すると、その購入金額の10%が恵まれない子どもたちの施設に寄付されるようなプログラムがあったとする。そのジュースに書かれたプログラムについて「これは、とてもいいことをしている。」と感じて購入した消費者と、ただ喉が乾いていて適当にケースにあったこのジュースを購入した消費者と、この企業のジュースがもともと好きで購入した消費者、という3つのパターンの消費者が存在しているとする。この3つのパターンの消費者の購入した動機は全て異なっている。しかしながら、結果として3本のジュースが売れており、寄付金額は3本分のジュースの売り上げに比例して納められることになる。数字の上では、NPOや企業側の目的が達成されているように考えられるが、企業やNPOのプログラムに同意した消費者は1名である。つまり、NPOや企業が期待した目的を達成した消費者は1人しかいないという状況である。このような消費者がどれだけいるかを考えた時、寄付金額が増えたとしても、果たしてCRM本来の目的を達成できたと言えるのであろうか。CRMのような、消費者一人ひとりの行動変革を捉えている研究を、ダウンストリーム研究という。ダウンストリーム研究の限界は、数字でのみ成果を追いかけてしまうため、本来期待していた目的が達成されたかどうかを判断しにくいところにある (Dholakia&Dholakia2001)。

一方で、ソーシャル・マーケティングについて、マーケティングのツールを社会的な大義の訴求することに用いることに焦点を当てるのではなく、マーケティングそのものが社会に対してどのような存在であるのかを考える、Lazer & Kelly (1973) のようなマクロ・マーケティングの視点からのソーシャル・マーケティングも存在している (竹内2019; 竹内2020)。マクロ・マーケティング視点からのソーシャル・マーケティングでは、マーケティングが社会に対して役割を果たすことで、社会的な大義そのものを生み出している、社会自体を構築する組織規範を変えていき、そもそもの社会的な大義を何とか

して解決に向かわせることを目的としていると捉えることができる（竹内2020）。すなわち、目的は、製品やサービスを売ることでの消費者一人ひとりの行動の変革ではなく、マーケティングの考え方をを用いての構造や組織規範の変革にある。

1.3. 事業性と社会性

竹内（2020）では、1.2で説明したマクロ・マーケティング視点からのソーシャル・マーケティングを行うだけでなく、新しいビジネスや社会的大義のさらなる広がりにつながるような活動に結びついている企業や団体の事例を取り上げている。そこで、そのような活動を行うことが可能となる要件として、事業性をどのように解釈するかについて触れた。

通常、企業が非難される場合の多くは、不祥事が起きた際などに社会性が足りていないという指摘がなされるものである。また、社会的に良いことをしようとしている反面、利益のことばかりを追いかけけるような活動を行っていることを非難されることも挙げられる。竹内（2020）でもその点については触れているが、むしろ利益を上げ、事業として継続していくという事業性が社会的大義訴求にどのような影響を与えるかについて説明することを試みた。

結果として、事業性があることにより、「共感する同志」以上の繋がりを導き出すことが可能となるため、新しいビジネスや社会的大義のさらなる広がりを導き出していることが説明できた。つまり、社会的大義を訴求するためには、ただそれだけを追求するのではなく、事業性を果たしていくほうがより良い結果を得られるということであった。

この結果を、ただ単なる理論研究の一部としてではなく、実践に用いているのが、2で説明する社会的課題解決型マーケティング活動「プロジェクト・ヘルシュ」である。

2. 社会的課題解決型マーケティング活動「プロジェクト・ヘルシュ」

2.1. 公立鳥取環境大学の抱える問題

2017年後期プロジェクト研究2・4および2018年前期プロジェクト研究1・3において、学生たちの公立鳥取環境大学（以下「環境大」）への入学理由に関する調査を行った。結果として、環境大に積極的な理由から入学した学生が非常に少ないことがデータとして現れた。主な理由は、「公立だから」「センター入試に失敗したから」であり、学生の求めるものがこの大学にあったから入学したというものはほぼ見当たらなかった。特に一般入試で入学した経営学部の学生はその傾向がとても強かった。そしてさらに、その調査を行った際の自由記述欄に書かれていたコメントの数々がとても興味深いものであった。「バイト先で鳥取大と比べてバカにされる」「県内の人と話していても、経営学部なんか環境大にあるの？」と言われた」などと大学と経営学部の知名度の低さが確認された。

経営学部と対比するために鳥取大学の地域学部地域創造コースを例に挙げると、偏差値は、前期53、後期56ⁱである。環境大経営学部の偏差値は、前期A方式が48、B方式が52で、後期が55ⁱⁱである。確かに鳥取大学の地域学部地域創造コースに数字としては差を作られてはいるが、それが特段大きいというわけでもないことがわかる。どちらかという、創立してからの年月の差や、県名のついている地方国公立大学の知名度の高さ、私立大学から公立大に変更したことなどがあるため、地域の方々

からまだまだ認知されていないのが環境大の、特に経営学部の抱えている課題であると捉えることができる。

2.2. ジビエとシカの獣害問題

鳥取県では、ジビエの利用が盛んである。ジビエとは、野生鳥獣の肉のことである。主にはシカ、イノシシ、カモが思い浮かべやすい。実際、猟師がとらえたとしても、それが適切に処理され、流通しているものについて、現在ではジビエと説明することが多い。

このジビエとなる野生鳥獣は、地方においては、ジビエとしての文脈よりも獣害という文脈で出てくることが多い。特に、ここではシカの獣害について考えてみたい。

日本に生息しているシカは、主にニホンジカとエゾジカである。エゾジカは、北海道に生息しているが、本州に生息しているシカはニホンジカである。ニホンジカは味が牛肉に近いとされている。諸説色々であるが、天敵であるオオカミがいなくなったことや、過去の狩猟・鳥獣保護政策による生息数の増加、生息域の拡大などの理由から、シカと人間の生活領域が重なることになり、シカによる獣害が問題視され始めた。

農林水産省によると、野生鳥獣による農作物の被害額は、平成30年度で158億円であり、その中でもシカによる被害額は約55億円であるⁱⁱⁱと報告されている。さらに、林野庁の調べによると、森林の被害面積は、平成29年度で6000ヘクタールの広さとなっており、そのうちシカによる被害は、約7割である^{iv}とされている。シカの森林被害というのは、生息数が増加し、食べ物が不足しているシカが、畑の作物を荒らし、森の木々の新芽を食べつくし、さらにはヒノキなどの樹皮を食べてしまうことを示している。樹皮を無くした木々は枯れてしまい、それが倒木や土壌流出などの原因となる。また、人間の住処や道路に入らないようにと防護柵を作るなどの対策をしても、それをすり抜けたシカと衝突する車や鉄道も後を絶たない現状もある。

シカを害獣として捕獲する動きはもちろんある。平成30年度に獣害対策として捕獲されたシカは約45万頭、一方で、猟師たちによる狩猟で捕獲されたシカは約17万頭の合計約62万頭のシカが捕獲された^v。国でも地方でも、このような野生鳥獣を、ジビエという価値のある商品にすること、そして、そのジビエを地方創生のために用いることを推奨している。シカは、ヨーロッパでは高級食材として取り上げられてもいる。

ところが、このシカなどの野生鳥獣をジビエとして利用しているかというところではない。シカに関しては、ジビエとして処理されたのは、約5.6万頭、全体の約9%と、なんと1割にも満たない。獣害対策として捕獲されたシカは、自家消費（猟師たちが持ち帰って食べたりして、自宅で消費するという）しない場合は、山の中に土深く埋めるなどの必要があるが、捕獲されたシカのほとんどがジビエとして利用されていないのが現状である。

この捕獲されたシカがジビエとして利用されていない理由として挙げられるのが、ジビエがそもそも日本の食に浸透していないことと、流通網が整っていないことである。

ジビエに対するイメージは、高齢者であるほど悪く、「臭い」「固い」がほとんどを占める。2018年後期プロジェクト研究2・4で行った学生へのアンケート調査でも同様の結果が得られている。その

イメージを払しょくすることが出来なければ、日本の食卓においてジビエが当たり前のように取り入れられることが難しく、流通させても意味はない。一方で、例えば、シカは高たんぱく低カロリーで鉄分も多く、アスリートや女性にとって最適な食材でもある。そのため、レストランや外食産業では、比較的若い層をターゲットとした新しい取り組みとしてシカをメニューとして扱いたいところも多く、ジビエが広く日本の食卓に上がることに貢献してくれそうであると感じる。

鳥取県は、「食のみやこ鳥取県」を掲げ、ジビエにも力を入れている。鳥取県は、シカの利用量が北海道に続いて2位（長野県と同位）であり、イノシシの利用量は10位である^{vi}。そして、ジビエ全体の利用量でも、鳥取県は全国で4位である^{vii}。

しかし、実際にシカ肉を食べるまでのハードルが高いことが確かめられる。2018年後期プロジェクト研究2・4で行った学生へのアンケート調査でも実際にシカ肉を食べたい学生は、1年生で189人（n=239）、2年生で105人（n=175）という結果となった。しかしながら興味深いことに、一度食べたことがある学生に関しては、その9割はもう一度食べたいと思うほど美味しいものであったと認識していたことが確認された。

つまり、一度シカ肉を食べた際に美味しくないと食べてしまうと二度と食べないであろうけれども、美味しいシカ肉を食べることができれば、そのままリピーターとしてシカ肉やその料理をレストランにおいて再度オーダーするというように、再購入する可能性が高いということを示していると言える。

2.3. 「プロジェクト・ヘルシュ」の活動報告

2.3.1. 「プロジェクト・ヘルシュ」の目的

竹内ゼミナール3年生が行う社会的課題解決型マーケティング活動『プロジェクト・ヘルシュ（project healsch、以下「ヘルシュ」）』は、2019年の夏よりスタートした。

ヘルシュは、ただ単に社会に対して良いことをするボランティア活動ではなく、端的に言えば、シカ肉を美味しい料理として提供していくことで、大学の名前、鳥取県をマーケティングするだけでなく、シカの獣害問題の解決を図っていくというものである。ヘルシュとは、ドイツ語でシカを意味している「hirsch」と英語の「health」を組み合わせた造語であり、シカを食べて健康になってほしいという願いがこもっている。ロゴは、鳥取をイメージしており、海や鳥取砂丘の風紋、夕日の要素を込めたものとなっている（図1）。そのロゴを配置したエプロンも作成している。もちろん男子学生も女子学生も分け隔てなく一人一着の作成を行った（図2）。

ヘルシュでは、コンセプトとして、「良い体を作りたい人へ」というものを挙げている。「良い体」とは、各々の目指す「良い体」であり、「良い体」を目指している、すなわち健康志向や美容に対して興味がある20代～40代の女性をターゲットとし、そのターゲットの好むようなシカ肉料理を作り、提供していくことを目的としている。

ゼミナール学生9名を3つにわけ、食材班、デザイン班、広報班で活動を行った。将来的には、何かしらの形で事業化することも視野に入れた、1.3で説明したような事業性を保ち、社会的な大義の訴求を進めていくことに重点を置いている活動である。

図1 (左) ヘルシュのロゴ (ゼミナールの学生が作成。画像の都合上背景が黒い状態であるが、実際は加工できるよう透過させている。)

図2 (右) エプロン作りをしている男子学生



図1



図2

活動内容全てを報告するわけにいかないため、次からは、夏以降の主な活動について説明をしていく。

2.3.2. 試作会とエシカルマルシェ

夏以降に行った試作会と調理実習の数は10回を超えている。鳥取県自体をマーケティングするという観点から、カレーという要素を入れることが想定され、シカ肉を利用したカレーの試作会を行った。9月9日には県庁の食のみやこ推進課においてヒアリングを、10日には、若桜の「29工房」においてもヒアリングを行い鳥取県の置かれている現状と、シカ肉の消費や、シカ肉の取り扱いなどについて学んだ。9月11日には学長や学内の教職員と共に試作会と現状の報告会を行った。その際に様々なルーやカレーの種類 (グリーンカレーなど) を試し、試食をしていただいたが、どのカレーにしたとしても、やはり学生たちの力のみで衛生上も食材としてもシカ肉を取り扱うということが難しい^{viii}ことが確認された。

そこで、「鳥取カレー研究所」の池本百代氏を紹介していただき、池本氏から山陰の食材を用いて数々のレシピを開発してきた西本敦子先生を紹介して頂いた。西本先生に考案して頂いたシカ肉ローストナンドッグとカレーハンバーグを一緒に試作し、12月6日に環境大において開かれたエシカルマルシェに出店し、テスト販売することとなった。

シカ肉ローストナンドッグは、ナンの上に、「29工房」のシカのもも肉を低温調理し、それをスライスしたものに、カマンベールチーズと野菜を乗せ、カイエンヌペッパーで少し刺激のあるスパイシーなソースをかけたものである。ターゲットはヘルシュが設定している20代～40代の女性である。

ナンは、国府町にある「まごころ農場ひろせ」の減農薬のもち麦の未使用部分 (ふすま) を用いたものである。このナンを考案したのは、鳥取短期大学の野津あき子先生の指導する学生有志たちであり、11月より何度かミーティングを行いながら、12月6日のエシカルマルシェにも共に出店している。

カレーハンバーグは、「鳥取カレー研究所」の「鳥取カレーの素」を用いた生クリームたっぷりのソースがかかっており、とてもまろやかで小さな子どもでも食べやすいものとなっている。20代～40代

の女性が家族連れで来ることを想定して、共に楽しめる料理として作成している。

12月6日には、ナンドッグのみを販売した。当日は天候も悪かったこともあり、60食程度の売り上げで留まった。しかしながら、テスト販売の際に必ずアンケート調査に協力してもらうことをお願いしていたため、改善点や強みになる部分を見つけることが可能となった。

そしてその後に、テスト販売の際に指摘されたナンの固さの問題に関して新しい動きがあった。ナンに関しては学生たちが手作りするには限界があることがわかったため、「ののなファクトリー」にお願いすることになった。また、同じく「TOTTORI CHEESE GARDEN」のチーズを、今後はカマンベールチーズの代わりに用いることも可能となったため、全ての食材を鳥取県内産に統一することができている。

図3 (左) 西本先生との試作会の様子 (ゼミナールの学生撮影)

図4 (右) エシカルマルシェに出店した際の広告 (ゼミナールの学生作成)



図3



図4

2.3.3. 消費者市民まつり

2020年3月1日の消費者市民まつりにおいて、改良されたナンドッグとカレーハンバーグを売ることが決まっていた。また、この消費者市民まつりにおいて、ヘルシュの番外編として、幼稚園～小学校低学年向けのエシカル消費の講義、フェアトレードの刺繍糸を用いたミサンガ作りのワークショップ、地産地消の景品が当たるビンゴ大会などを企画していたのだが、新型コロナウイルス感染症への対策のため、中止となった。

3. 課題と展望

本研究は、筆者の研究である社会的大義を訴求するマーケティングに関する研究で得られた知見をもとに、ゼミナール活動を通じて産官学連携PBLを行い、結果として地域の抱えている問題を解決し、地域活性化に貢献することを目的としている。そしてそれと同時に、この公立鳥取環境大学の知名度や認知度を上げるという「大学そのもの」をマーケティングしていくということ、さらには、「鳥取

県自体」を魅力的な製品とみなし、全国そして世界に対して積極的にマーケティングを行っていくことを将来の展望として描いているものであった。

結果として、このヘルシュによってまだどのような効果が生まれているかは確認できていないことが最大の課題である。例えば、大学の認知度について変化があったかどうかについて調べるため、今年の入学した1年生を対象に、このヘルシュのイベントなどについて知っているかどうかなどの調査を行いたいが、難しいかもしれないと感じている。

他にも、SNSを用いて情報発信を行ってきたが、県内でのイベントに関してはまだまだ古典的なポスティングやテレビCMなどの方がより効果が高い可能性があることがわかってきたため、今後はこれまではあまり力を入れてこなかったPR方法にアプローチしていくことを考えている。

次に、2020年度には、PBLに関して、学生への影響を見ていきたい。特に積極的に活動した竹内ゼミナールの現4年生の就職活動の様子やそのモチベーションなどについて個人のプライバシーを超えない範囲で、倫理的な側面に配慮しながらも詳細にインタビューを行っていきたい。現在の地点で、あるゼミナールの学生は、「ヘルシュの活動を通じて世の中に対する考え方が変わった」といったコメントをしていた。どのような側面が学生の考えに影響しているか興味深いと同時に、今後の指導をどのようにしていくべきであるか反省することにもなると感じている。

そして最後に、この活動と研究そのものの今後の展望について述べたい。

消費者市民まつりに関しては、2020年11月に開催することを目指して準備は続けている。また、新型コロナウイルスの影響や東京オリンピックの開催がどのタイミングになるかにも左右されるが、東京都の新橋駅付近にある岡山県・鳥取県のアンテナショップでの販売も行いたい。

消費者一人ひとりの行動ではなく、マーケティングの持つ力を用いて、社会構造やその背景そのものに隠れている小さな社会的な歯車を回すことで、いつの日か大きな歯車が回り始める日を夢見て、地道に活動を続けていきたい。そして、そこで得られた知見を生かし、学生指導だけでなく、社会的な大義を訴求するマーケティングの研究そのものに生かしていきたい。

謝辞

この研究は、ゼミナールの学生9名の頑張りがなければ出来上がらなかった研究です。学生の皆さんには、時に厳しいことを言ったかと思いますが、そして、私自身が至らないところがたくさんあったことも承知しています。ここまで、本当にありがとうございました。そして、まだ開催の可能性のある11月の消費者市民まつりまで、一緒に頑張りましょう。

また、産官学連携コーディネーター川上浩一様をはじめとした、研究交流推進課、地域イノベーション研究センターの職員の皆様、学生共々本当にお世話になりました。ありがとうございました。

ⁱ ベネッセホールディングス「マナビジョン」、ベネッセホールディングスHPを参照 (<https://manabi.benesse.ne.jp/daigaku/school/1360/hensachi/index.html#27>、2020年4月30日アクセス)。

ⁱⁱ ベネッセホールディングス「マナビジョン」、ベネッセホールディングスHPを参照 (<https://>

-
- manabi.benesse.ne.jp/daigaku/school/2235/hensachi/index.html#19、2020年4月30日アクセス)。
- iii 農林水産省「捕獲鳥獣のジビエ利用を巡る最近の状況」農林水産省HPを参照 (http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h_kensyu/attach/pdf/30_tsukuba_kensyu-11.pdf (2019年11月24日アクセス))
- iv 林野庁「野生鳥獣による森林被害」
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/higai/tyouju.html> (2019年11月24日アクセス)
- v 農林水産省「捕獲鳥獣のジビエ利用を巡る最近の状況」農林水産省HPを参照 (http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h_kensyu/attach/pdf/30_tsukuba_kensyu-11.pdf (2019年11月24日アクセス))
- vi 食のみやこ鳥取県「とっとりのジビエ」、鳥取県HPを参照 (<https://www.pref.tottori.lg.jp/240234.htm>、2020年4月30日アクセス)。
- vii 食のみやこ鳥取県「とっとりのジビエ」、鳥取県HPを参照 (<https://www.pref.tottori.lg.jp/240234.htm>、2020年4月30日アクセス)。
- viii 当初は、東京にあるカレー店と提携することを考えていたが、それは無くなった。

参考文献

- [1] Dholakia, R. R. & Dholakia, N. "Social Marketing and Development", Bloom, P. & Gundlach, G. "*Handbook of Marketing and Society*", Thousand Oaks CA: Sage Publications, 2001, pp.486-505.
- [2] Lazer, W. & Kelly, E. "*SOCIAL MARKETING Perspectives and viewpoints*", Richard D. Iriwin, Inc., 1973.
- [3] 高井 亨「風変りな序章：SDGsの下に埋もれるものたちからSDGsをみつめる」、高井 亨・甲田紫乃編著『SDGsを考える 歴史・環境・経営の視点からみた持続可能な社会』、2020年、ナカニシヤ出版、pp.1-11。
- [4] 竹内由佳「社会的大義を訴求するマーケティングの成立過程とその要因」、『神戸大学大学院博士論文』、2019年。
- [5] 竹内由佳「(仮) ソーシャル・マーケティング」、千倉書房、2020年 (予定)。
- [6] 中尾悠利子「SDGs ウォッシュを考えると：ストーリーとしてのサステナビリティ戦略を目指して」、高井 亨・甲田紫乃編著『SDGsを考える 歴史・環境・経営の視点からみた持続可能な社会』、2020年、ナカニシヤ出版、pp.185-192。

鳥取県産農水産物のブランド化を支援する 化学分析データ解析手法の高度化

環境学部環境学科 山本 敦史

1. はじめに

1.1 食品の表示を巡る状況

昨今の健康食品ブームによって、非常に多くの健康食品が市場に溢れている。一部の製品は科学的根拠を示さず、著名人が製品を用いたことによる感想のみを広告として用いるものもある。製品の有効性はその広告において強調表示されることが多く、一般消費者に無条件、無制約に当てはまるものと受け取られることがある。消費者庁は食品等の表示の信頼性を確保する観点から定期的に食品表示に係る取締りを強化しており、2019年度の実績では栄養成分等保健事項の表示違反が前年度から34件増の49件見つ

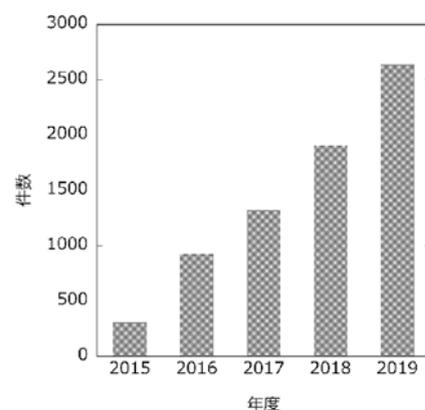


図 1. 機能性表示食品の登録件数から取り下げ件数を除いた正味の累積登録数

かっている。2015年に食品表示法が施行され、また同年、機能性表示食品制度が始まっている。機能性表示食品は国が審査する特定保健用食品とは異なり、事業者の責任において科学的根拠に基づき機能性を表示したものである。機能性の評価は最終製品を用いた臨床試験を行うか、機能性に関与する成分に関する文献調査によって行われる。文献調査による方法は比較的事業者の負担の少ない方法であるが、それでも機能性に関与する成分の分析を行う必要がある。図 1 に示すように制度開始から登録件数は増加し、2020年 4 月時点で2500件以上の食品が登録されている。機能性表示食品制度は食品業界にとって食品のPR手段として受け入れられたといえる。機能性表示食品に関して、届出時に消費者庁は有効性の検証を行わない一方で、届出で有効性の科学的根拠とされる内容に疑義が生じた場合は事業者の確認作業や改善を求めるとしており、結果として登録の撤回に繋がるケースも増え、2019年度は89件が撤回されている。健康食品等の有効性に対して、十分な根拠を示すことが今まで以上に求められていると言える。

1.2 連携支援計画

2015年10月にまとめられた「鳥取県元気づくり総合戦略」では、高品質な農産物を高付加価値化し農林水産業を活性化していくことが謳われている。担い手不足などの課題を抱える農業分野であるが、鳥取県の主要な産業の一つである。鳥取県内では近年新規就農者数が増加傾向にある他、果樹・野菜など新品种の開発など将来につながる動きもある。地域の特性を活用した事業を支援するための国の取り組みに2017年に制定された地域未来投資促進法がある。地域未来投資促進法は、地域の特性を活用した事業を支援するために地域が策定した連携支援計画を国が承認する形となっている。二十世紀

梨やラッキョウが鳥取の農産物として有名であるが、他にも白ネギや日本きのこセンターが開発した「鳥取茸王」等多くの食材が県内に存在している。事業者からは、製品のブランド化・高付加価値化のために、食味や機能性成分の見える化に対する要望がある一方で、それらを実現するための化学分析の環境やデータに基づくマーケティング戦略などの支援体制は十分ではない。そのため、環境大学を中心とした8機関が事業支援を行う連携支援計画を策定し、2019年12月に承認を得ることができた。計画での支援件数は2020年度2件、2021年度3件としており、策定に際して様々な事業者に聞き取りを行い連携に前向きな姿勢であった事業者と実績作りを行う。

1.3 化学分析による農産物含有成分の見える化

食品には、栄養面でのはたらきである一次機能としての糖類・タンパク質・脂質・ミネラル・ビタミンからなる主要成分、色素・食味・香りといった嗜好面のはたらきを持つ二次機能の成分の他にも非常に多くの成分が含まれる。生活習慣病などの疾患の発症リスクを低減するといったはたらきは三次機能と呼ばれ近年注目を集めている。しかしながら、含まれる成分が膨大であるために、その全てを知ることは極めて困難である。すべての成分が分析することができる技術は存在しないが、非常に多くの成分を同時に分析できる手法は質量分析法等有力とされるものがあり、生命科学系の分野ではタンパク質や低分子代謝物を包括的に評価するプロテオミクスやメタボロミクスといった手法が確立されつつある。疾患の診断や医薬品の開発にも活用されることが期待されており、データ解析等関連する分野の進歩も著しい。質量分析は文字の通り、含まれる成分の質量を測定する技術であり、他の技術に対して、同時に多くの成分が含まれていてもそれぞれの成分の質量を測定できることが特長である。また、測定できる質量の精密さも大きく進化しており、測定できた成分が何であるか事前に分かっていたなくても質量の情報からそれが何であるかを明らかにできることも多い。しかしながら、測定できる質量が精密であればあるほど、データの容量が増大し、一回の測定でデータのファイルサイズが数百MBになることも頻繁にある。このため、人の力でデータを読むことには限界があり、データ解析の効率化・高度化は非常に大きな課題である。本研究課題ではプロテオミクス・メタボロミクスの分野で開発されているソフトウェアも活用し、食品成分から得られたデータを解析し機能性成分の探索や他の製品との差別化に活用できる手法の確立を目指す。

2. 実験

2.1 分析機器と測定条件

分析機器にはサイエックス社の液体クロマトグラフExionLCADと質量分析計X500Rを用いた。液体クロマトグラフィーのカラムは化学物質評価機構のL-Column2 ODSおよび、昭和電工のHILICpak VG-50 2Dを用いた。L-Column2は疎水性の高い成分の分析に、VG-50は親水性の高い成分の分析に用いた。質量分析計のイオン化はエレクトロスプレーイオン化を用い、正イオンモード、負イオンモードそれぞれで測定した。X500Rは二ヶ所の質量分離部をもつタンデム質量分析計であり、前段の質量分離部で成分の質量を測定した後、質量分析計内で窒素ガスと衝突させることにより、分子を断片化することができる。断片の質量を後段の質量分離部で測定することができる。分子は原子が結合する

ことでできているが、その結合の強さは同じではなく、弱いもの強いものが必ず存在する。衝突により、弱い結合が切断することから、分子内のどこに弱い結合があるかがわかる。分子を構成する原子の質量は炭素を除いて整数ではないために、端数を持つ。これを精密な質量で解析すると、それぞれの断片にどの原子がいくつ含まれているかを導くことができ、分子式を決定できた断片を組み合わせることで元の分子の構造を推定することができる。

2.2 食品試料

食品試料は、県内産を含む赤ワイン、大豆製品、エリンギも用いた。赤ワインの産地等について表1に示す。ワインを水、あるいは90%アセトニトリル水溶液で希釈して0.2 μ mのディスポーザルメンブレンフィルターでろ過したものを分析した。エリンギはみじん切りにして1g量り取り、味噌は1gとり試験管に入れ10mLのメタノールあるいは水で超音波抽出を20分行った。黒豆茶は80-85 $^{\circ}$ Cに加熱したお湯で3分間抽出した。抽出後の試料をメタノールあるいは水、90%アセトニトリル水溶液で100, 1000, 10000倍に希釈したものを作成し、0.2 μ mのディスポーザルメンブレンフィルターでろ過したものを分析した。

表 1. 測定した赤ワイン

番号	ブドウ品種	生産年	原産国・地域
Wine 1	カベルネ・ソーヴィンヨン	2014	フランス
Wine 2	カベルネ・ソーヴィンヨン	2018	アルゼンチン
Wine 3	カベルネ・ソーヴィンヨン	2018	チリ
Wine 4	カベルネ・ソーヴィンヨン	2017	カリフォルニア
Wine 5	カベルネ・ソーヴィンヨン	2015	鳥取
Wine 6	カベルネ・ソーヴィンヨン	2017	スペイン
Wine 7	カベルネ・ソーヴィンヨン	2014	フランス
Wine 8	カベルネ・ソーヴィンヨン	2018	チリ
Wine 9	ピノノワール	2017	ドイツ
Wine 10	ピノノワール	2013	ニュージーランド
Wine 11	ピノノワール	2016	チリ
Wine 12	ピノノワール	2016	カリフォルニア
Wine 13	ピノノワール	2018	フランス
Wine 14	メルロ	2017	イタリア
Wine 15	カベルネ・ソーヴィンヨン	2017	イタリア
Wine 16	メルロ、カベルネ・ソーヴィンヨン	2015	フランス
Wine 17	メルロ	2017	島根
Wine 18	カベルネ・ソーヴィンヨン	2017	フランス
Wine 19	メルロ、カベルネ・ソーヴィンヨン	2012	フランス
Wine 20	メルロ	2012	フランス
Wine 21	コルヴィーナ他	2011	イタリア
Wine 22	マルヴァジア・ビアンカ他	2008	イタリア

2.3 データ解析ソフトウェア

得られたデータはサイエックス社のソフトウェアSCIEX OSおよび、理化学研究所研究グループが公開しているソフトウェアであるMS-DIAL [1]を用いて解析した。MS-DIALでデータを読み込むためにデータファイルをMSConvertを用いてmzml形式に変換した。

3. 結果と考察

3.1 大豆製品の分析結果

図1に正イオンモードで得られた疎水性成分の分析結果を示す。明るい白色で示されている部分が、成分の検出されたところを表しており、それぞれに精密な質量が測定されている。溶媒だけを測定し

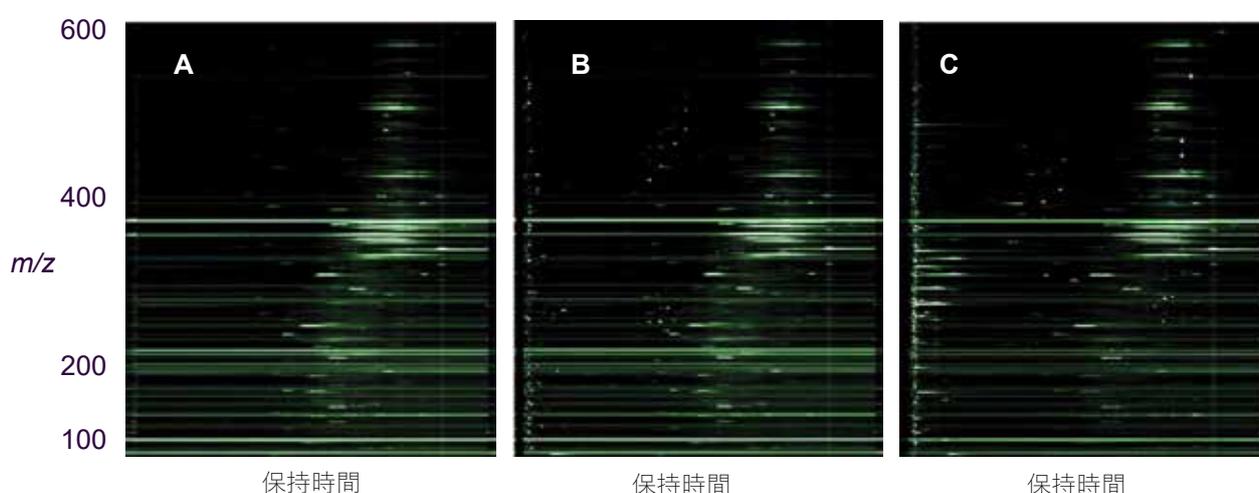


図1. 正イオンモードで測定した試料の分析結果 (A: 溶媒のみ, B: 黒豆茶, C: 味噌)

たデータと比較することにより、大豆製品由来の成分を見分けることができる。試料Aについて最も高い強度で検出されていたのは m/z 255.0649の成分であった。 m/z は質量に相当する値であり実査には質量分析計は m/z を測定している。正イオンモードでシグナル強度が強かったものを順にP1, P2, P3のようにラベル付けた。それぞれの断片の質量についても表2に示す。P1について、その断片の質量から構造を解析すると図2のように考えること

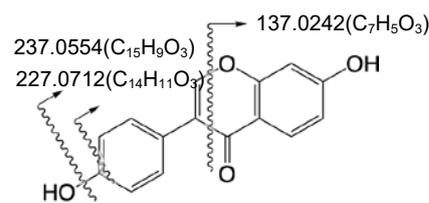


図2. 断片の精密質量を用いた構造の解析

ができる。この分子はダイゼインであり、大豆イソフラボンの主要な成分である。同様に解析して含まれると推定される構造についても表2に示した。ダイゼイン、ゲニステイン等の遊離イソフラボンの他、配糖体であるダイジン、ゲニスチンも多く見られていた。また、大豆に含まれるサポニンであるソヤサポニンIが多く検出されていた。他にも、僅かではあるがソヤサポニンII、ソヤサポニンIIIも見られた。ソヤサポニンは血圧上昇因子の阻害活性が知られている[3]。多くの成分は黒豆茶、味噌ともに共通の成分が検出されていたが、味噌ではオリゴ糖、脂肪酸、アミノ酸誘導体も多く見えていた。大豆由来のイソフラボンは現時点の機能性表示食品にも60件以上登録のある良く知られた機能成分でもある。一方、サポニンは登録件数3件と機能性表示としての活用はまだされていない状態である。

表2.精密質量の解析から推定した含有成分の構造

番号	質量	断片の質量	推定される成分名	構造式
P1	255.0649	65.0389, 91.0550, 137.0242, 181.0659, 199.0759, 227.0712, 237.0554	ダイゼイン	
P2	417.1192	137.0251, 199.0760, 227.0714, 255.0660	ダイジン	
P3	459.1284	137.0251, 199.0760, 227.0714, 255.0660	アセチルダイジン	
P4	271.0599	65.0389, 91.0550, 149.0235, 153.0189, 197.0613, 243.0685, 253.0515	ゲニステイン	
P5	943.5264	423.3622, 441.3724, 599.3933, 797.4670	ソヤサポニン I	
P6	433.1129	153.0192, 215.0710, 243.0673, 271.0619	ゲニスチン	
P7	475.1236	153.0192, 215.0710, 243.0673, 271.0619	アセチルゲニスチン	
P8	330.0599	69.0341, 97.0294, 98.9852, 119.0358, 136.0624	環状-AMP	

3.2 エリンギの分析結果

エリンギは3社で生産されたものについて分析した。図3に正イオンモードで得られた親水性成分の分析結果を示す。二糖類やグリセロリン酸コリンなどA, B, Cに多くの共通の成分が含まれていた一方で、図中白い円で記した中の成分についてA社のエリンギのみで検出されていた。この成分についての精密質量を解析すると、これはベタインと考えられた。A社の製品にはベタインが多く含まれていることが示唆された。栽培条件がAとB, Cのものでは異なっており、栽培条件が含まれる成分に影響していることが考えられた。ベタインはてん菜の学名*Betavulgaris*に由来するアミノ酸の一種で、てん菜の他、ハウレンソウやキノコ類に含まれることが知られている。ベタインには動脈硬化の危険因子として知られるホモシステインを低減する作用や非アルコール性肝炎における肝臓の脂肪変性を減少させる効果等が報告されている[4] [5]。

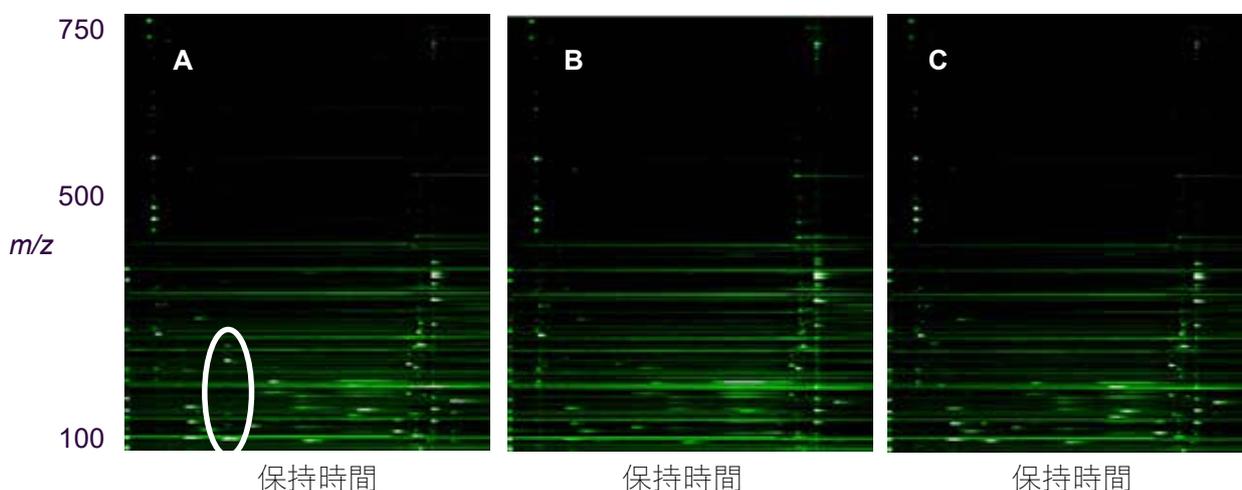
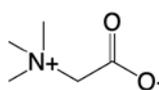
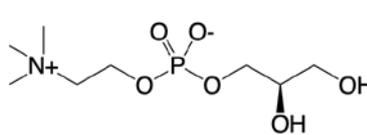
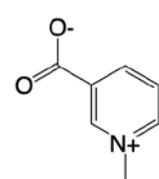
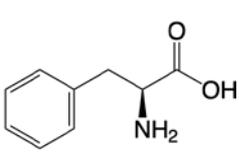
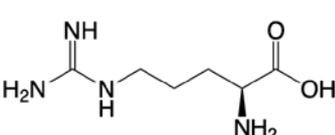
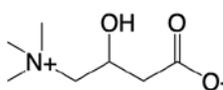


図3. 正イオンモードで測定した試料の分析結果 (A社, B社, C社)

表3.精密質量の解析から推定した含有成分の構造

番号	質量	断片の質量	推定される成分名	構造式
P1	360.1491	85.0281, 97.0288, 109.0290, 127.0391, 145.0494, 163.0604	二糖類	
P2	118.0863	58.0648	ベタイン	
P3	258.1098	60.0813, 86.0974, 98.9847, 104.1075, 125.0002	グリセロリン酸コリン	
P4	225.123	84.0815, 96.0452	???	
P5	138.0547	65.0394, 78.0346, 92.0502, 94.0660	トリゴネリン	
P6	166.0861	77.0393, 79.0548, 91.0548, 93.0706, 103.0550, 120.0814	フェニルアラニン	
P7	175.1186	60.0562, 70.0660	アルギニン	
P8	162.1121	43.0182, 60.0816, 85.0292, 102.0921, 103.0394	カルニチン	

鳥取県東部大谷海岸における2019年春季から 秋季の藻場の現状

環境学部環境学科

太田 太郎・吉永 郁生

大河内美帆 (現 株式会社 ツツワフロンテック)

1. はじめに

海藻類の群落である藻場は、沿岸海域において多面的な機能を有し、生物生産の場としても極めて重要な役割を果たしている。この藻場が、我が国では近年衰退傾向にあると言われており、地域によっては藻場が著しく荒廃した状態、所謂「磯焼け」状態となっていることが問題となっている。磯焼けは水温上昇による海藻類の夏枯れの早期化や植食性生物の活性化等が要因と考えられているが（水産庁2015）、今後、さらに海水温の上昇が続くと将来的に我が国沿岸の藻場の多くが消滅するというシナリオも可能性として示されている（Takao *et al.* 2015）。

本研究の調査対象である大谷海岸（鳥取県岩美郡岩美町）は、天然の転石により構成される岩礁域と人工構造物であるコンクリート製の潜堤が存在し、ここに藻場が形成されている。大谷海岸の藻場ではアカモク *Sargassum horneri* やワカメ *Undaria pinnatifida* などの海藻類、サザエ *Turbo sazae* やクロアワビ *Haliotis discus* などの貝類、カサゴ類等の磯根魚類の漁場として、地域の漁業者に利用されている。また、同海岸を含む鳥取県東部の海岸は世界ジオパークネットワークにも加盟認定されている山陰海岸ジオパークの一部であり、地域住民の愛着も深く、保全に対する意識も極めて高い。

一方、公立鳥取環境大学では、地域研究及び教育の拠点として2018年4月に鳥取県岩美郡岩美町大谷に「岩美むらなかキャンパス」を開所した。そこで著者らは、「岩美むらなかキャンパス」を拠点とした鳥取県東部における藻場の長期的な監視体制の構築を視野に、大谷海岸における藻場の調査活動を開始することとした。本稿では、この活動の足がかりとして2019年春季から秋季（5月から11月）に実施した大谷海岸における藻場の現状把握を目的とした調査の結果を報告する。

2. 調査海域と方法

大谷海岸は鳥取県岩美郡岩美町大谷に位置し、北東側の網代漁港の岸壁、南西側の駟馳山に囲まれた海岸である。網代漁港の岸壁の基部から南西方向に約400m延びる砂浜海岸と、駟馳山の麓から広がる礫浜が隣接しており、砂浜海岸の沖合約200mの位置にはコンクリートブロック製の潜堤が2つある。この潜堤と礫浜から続く転石帯に藻場が形成されている。本研究では、南西側の潜堤と礫浜から続く転石帯を調査範囲に設定した（図1b）。なお、調査範囲を地形や基質の特徴から図1c及び表1に示す7つのエリアに区分し、以後の結果について記載するものとする。

調査日については表2に示す。各調査日の調査開始時には、記録型多項目水質計（CTD:RINKO-ProflerASTD102,JFEアドバンテック）により水質の測定を行った。なお、本研究では水深1mにおける水温、塩分、溶存酸素の値を調査海域の代表値として用いた。次に、図1cに示す矢印の経路に沿っ

て、2名でスキューバ潜水により目視にて藻場の観察を行い、観察結果の記録とデジタルカメラによる写真撮影を行った。

さらに分布していた海藻類は、種の確認のためのサンプルを採集し、後日研究室にて同定及び確認を行った。合わせて潜水調査中に目視で出現を確認した魚類について、種の確認ができたものをノートに記録し、可能な限り写真撮影を行い、後日に確認を行った。

なお、海藻類の種査定については新崎（1964）、千原（1970）、田中・中村（2004）及び神谷ら（2012）を参考にし、魚類については中坊（2013）に従った。

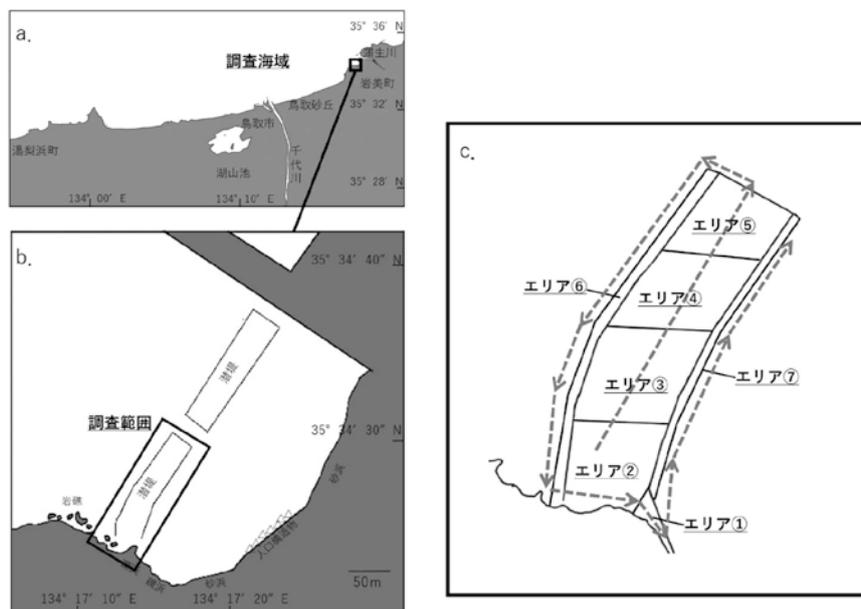


図1 調査海域（大谷海岸）の地図と調査範囲の区分。a:鳥取県東部の地図と大谷海岸の位置、b:大谷海岸の地図（四角で囲んだ場所が調査範囲）、c:調査範囲の区分（エリア①から⑦）と観察経路（灰色の矢印）

表1 調査範囲の各区分の特徴（地形、水深、基質）

区分	地形	水深	基質
エリア①	南西側の天然の礫浜の延長	1m未満	天然の転石
エリア②	潜堤の天端の南西端	1m未満	正方形型のコンクリートブロック
エリア③	潜堤の天端の南西側	1～1.5m	正方形型のコンクリートブロック
エリア④	潜堤の天端の北東側	1～2m	三角錐型のコンクリートブロック
エリア⑤	潜堤の天端の北東端	1.5～2m	三角錐型のコンクリートブロック
エリア⑥	潜堤の沖側法面と基部	1～5m	法面はコンクリートブロック 基部はコンクリートブロックと転石と砂が混在
エリア⑦	潜堤岸側法面	1～5m	法面はコンクリートブロック 基部はほぼ砂地

3. 水質の測定結果

調査日の水温の範囲は15.5℃（5月1日）から27.0℃（9月6日）であった。塩分は33前後で、溶存酸素は6.93mg/L（9月6日）から9.61mg/L（5月1日）で、調査日による変動は小さかった。

表2 調査の実施日と水質測定の結果

調査月	調査実施日	水温(°C)	塩分	溶存酸素(mg/l)
2019年5月	2019/5/1	15.5	33.7	9.61
	2019/5/24	18.9	34.3	8.26
2019年7月	2019/7/1	欠測	欠測	欠測
	2019/7/26	24.7	33.3	7.78
2019年9月	2019/9/6	27.0	32.7	6.93
2019年10月	2019/10/29	20.6	32.8	7.42
2019年11月	2019/11/23	20.3	33.1	欠測

4. 藻場の季節消長

4-1 南西側の転石域の藻場（エリア①）

5月には汀線付近の極浅所を中心にアナアオサ*Ulva pertusa*、タマジユズモ*Chaetomorpha moniligera*などの緑藻類が高密度に繁茂し、やや水深の深い場所で褐藻類のワカメやアカモクも繁茂していた(図2a)。7月になると褐藻類はほぼ消失し、汀線近辺で緑藻類のアオサ類やタマジユズモ、やや深い場所でマクサ*Gelidium elegans*、ニセフサノリ*Sciniaia okamurae*などの紅藻類の繁茂が確認された(図2b)。9月には全体的な分布密度が大きく減少し、10月にはほぼ海藻類の生えていない状態となった(図2c、d)。11月になると緑藻類の幼体(種は不明)が転石表面に付着していた(図2e)

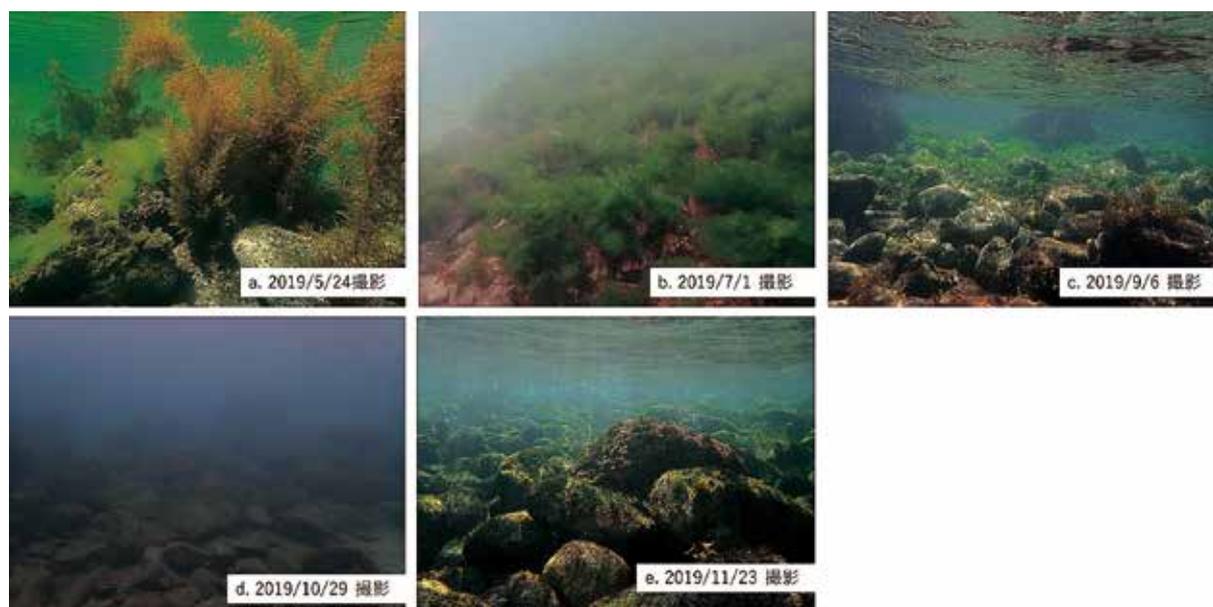


図2 南西側天然の転石域（エリア①）における藻場の写真（2019年5月から11月）

4-2 潜堤の天端の藻場（エリア②、③、④、⑤）

5月には、褐藻類のワカメとアカモクによる濃密な群落が形成されていた(図3a～c)。全体的な密度は水深の浅い南西側(エリア②)よりも水深の深い北東側(エリア④、⑤)の方が濃い傾向があった。各エリアともワカメとアカモクが混在しているが、ワカメの分布密度は北東側のエリア⑤で最も高い傾向があった(図3c)。7月にはワカメとアカモクの多くが枯失し、両種とも一部残っている個体もほぼ基部のみの状態であった(図3d～f)。また、紅藻類については5月より増加し、マクサが

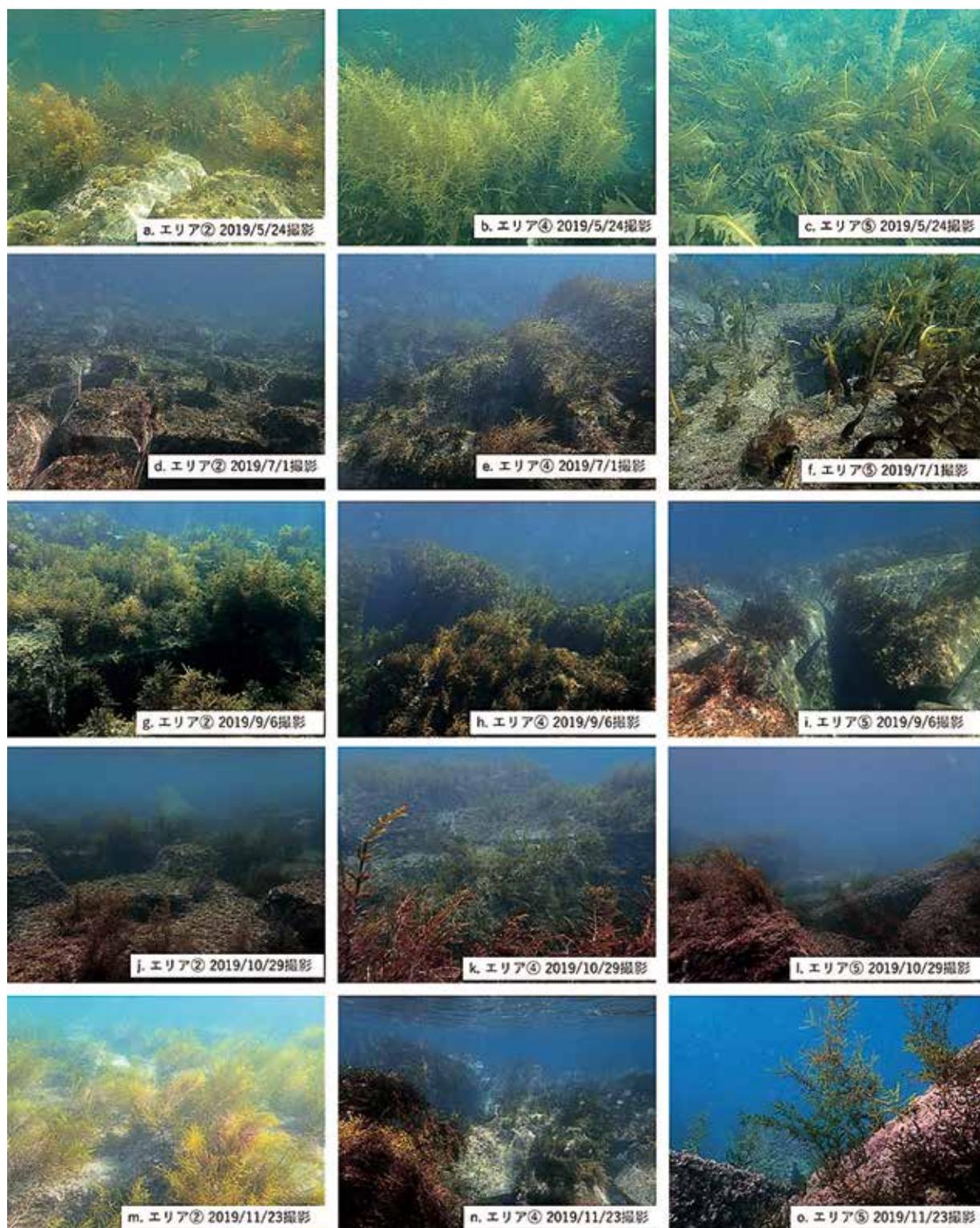


図3 潜堤天端（エリア②、③、④、⑤）における藻場の写真（2019年5月から11月）

点在していた。9月及び10月にはホンダワラ類の群落に回復の兆しが認められたが、構成種は5月までと異なり、トゲモク *Sargassum micracanthum*、ノコギリモク *Sargassum macrocarpum*、ヤツマタモク *Sargassum patens*、フシスジモク *Sargassum confusum*などの混成群落であった（図3g～l）。11月になるとヤツマタモクを中心としたホンダワラ類の混成群落が形成された（図3m～o）。

なお、5月の優占種であったアカモクは9月に一旦消失したが、10月に新たな幼体の出現が確認され、11月には各個体の成長と分布範囲の拡大が確認された(図4)。

また、クロメ *Ecklonia kurome*、アラメ *Eisenia bicyclis* などの多年生褐藻類は調査期間を通じワカメやホンダワラ類の間に点在していた。

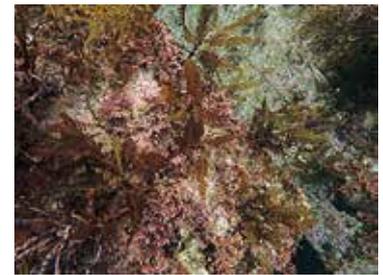


図4 アカモクの幼体(10月29日にエリア④で撮影)

4-3 潜堤の西(沖)側の法面及び基部(エリア⑥)

潜堤の西側の法面では、調査期間を通じ複数種のホンダワラ類が繁茂していたが、密度は天端に比べ低い傾向があった(図5 a, c, e)。また、クロメも調査期間を通じ点在していた。また潜堤の基部は一部が転石帯となっており、北東端付近では水深5m程度になる。ここではホンダワラ類が調査期間を通じ低密度で分布していた(図5 b, d, f)。



図5 潜堤西側の法面と基部(エリア⑥)の藻場(2019年5月から11月)

4-4 潜堤の東(岸)側の法面(エリア⑦)

潜堤東側の基部は基本的に砂地であった。潜堤の法面では天端と同様、ホンダワラ類も生えているが、その密度は天端と比べると薄かった。また、クロメ、アラメなどの多年生褐藻類が調査期間を通じて点在していた。南西側ではクロメの割合が高く、北東側ではアラメの割合が高くなる傾向が認められた(図6)。



図6 潜堤東側の法面(エリア⑦)の藻場(2019年5月から11月)

5. 大谷海岸で採集した海藻類

調査期間を通じ、採集した海藻類は緑藻5種、褐藻16種、紅藻12種の合計33種であった(表3)。

6. 大谷海岸で確認した魚類

潜水調査を通じ、目視または撮影した写真により種を確認できた魚類は合計33種であった(表4)。

表3 大谷海岸で出現を確認した海藻類のリスト

学名	和名
CHLOROPHYCEAE	緑藻綱
<i>Ulva pertusa</i>	アナアオサ
<i>Ulva arasakii</i>	ナガアオサ
<i>Chaetomorpha monilifera</i>	タマジズモ
<i>Codium fragile</i>	ミル
<i>Cladophora</i> sp.	シオグサ属
PHAEOPHYCEAE	褐藻綱
<i>Padina arborescens</i>	ウミウチワ
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	カヤモノリ
<i>Petalonia binghamiae</i>	ハバノリ
<i>Colpomenia sinuosa</i>	フクロノリ
<i>Undaria pinnatifida</i>	ワカメ
<i>Ecklonia kurome</i>	クロメ
<i>Eisenia bicyclis</i>	アラメ
<i>Sargassum horneri</i>	アカモク
<i>Sargassum micracanthum</i>	トゲモク
<i>Sargassum hemiphyllum</i>	イソモク
<i>Sargassum patens</i>	ヤツマタモク
<i>Sargassum siliquastrum</i>	ヨレモク
<i>Sargassum confusum</i>	フシスジモク
<i>Sargassum macrocarpum</i>	ノコギリモク
<i>Myagropsis myagroides</i>	ジョロモク
<i>Dictyota dichotoma</i>	アミジグサ
RHODOPHYCEAE	紅藻綱
<i>Scinana okamurae</i>	ニセフサノリ
<i>Jania adhaerens</i>	ヒメモサズキ
<i>Gelidium elegans</i>	マクサ
<i>Hypnea flexicaulis</i>	カズノイバラ
<i>Hypnea variabilis</i>	タチイバラ
<i>Grateloupia turuturu</i>	ツルツル
<i>Grateloupia ramosissima</i>	スジムカデ
<i>Polyopes lancifolius</i>	キョウノヒモ
<i>Plocamium ovicornis</i>	ヒメユカリ
<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	オゴノリ
<i>Palisada intermedia</i>	クロソゾ
<i>Laurencia okamurae</i>	ミツデソゾ

表4 大谷海岸で出現を確認した魚類のリスト

学名	和名
<i>Hemityrion akaejei</i>	アカエイ
<i>Mugil cephalus</i>	ボラ
<i>Sebastes</i> sp.	メバル
<i>Sebastes marmoratus</i>	カサゴ
<i>Seriola quinqueradiata</i>	ハマチ(ブリ)
<i>Trachurus japonicus</i>	マアジ
<i>Acanthopagrus schleglii</i>	クロダイ
<i>Pagrus major</i>	マダイ
<i>Sillago japonica</i>	シロギス
<i>Goniistius zonatus</i>	タカノハダイ
<i>Ditrema temminckii temminckii</i>	ウミタナゴ
<i>Pomacentrus coelestis</i>	ソラスズメダイ
<i>Chromis notatus notatus</i>	スズメダイ
<i>Abudefduf vaigiensis</i>	オヤビッチャ
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	インダイ
<i>Microcanthus strigatus</i>	カゴカキダイ
<i>Girella punctata</i>	メジナ
<i>Semicossyphus reticulatus</i>	コブダイ
<i>Pteragogus aurigarius</i>	オハグロペラ
<i>Pseudolabrus</i> sp.	ササノハペラ属 sp.
<i>Parajulis poecileptera</i>	キュウセン
<i>Halichoeres tenuispinis</i>	ホンペラ
<i>Hexagrammos agrammus</i>	クジメ
<i>Pseudoblennius percoides</i>	アナハゼ
<i>Enneapterygius theostomus</i>	ヘビギンボ
<i>Neoclinus bryope</i>	コケギンボ
<i>Omobranchus elegans</i>	ナベカ
<i>Petroscirtes breviceps</i>	ニジギンボ
Callionymidae sp.	ネズツボ科 sp.
<i>Sagamia geneionema</i>	サビハゼ
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	ヒメハゼ
<i>Thamnaconus modestus</i>	ウマツラハギ
<i>Stephanolepis cirrifer</i>	カワハギ
<i>Takifugu snyderi</i>	ショウサイフグ
<i>Takifugu flavipterus</i>	コモンフグ
<i>Takifugu niphobles</i>	クサフグ
<i>Diodon holocanthus</i>	ハリセンボン

7. 大谷海岸における藻場の現状評価と今後の課題

5月における大谷海岸の藻場は、特に潜堤の天端でワカメとアカモクによる濃密な群落が形成されていたが、これらが水温の上昇とともに枯失したため、7月には一時的に藻場が衰退した。しかしながら9月以降、トゲモク、ノコギリモク、ヤツマタモク、フシスジモクなどの複数種のホンダワラ類が混成群落の形成により回復が認められ、さらにアカモクの幼体も10月より再び確認することができた。7月の衰退は季節的なものであり、2019年の大谷海岸では長崎県等で確認されているような磯焼け状態(長崎県水産部 2012)とはなっておらず、健全な状態にあると判断された。本調査期間を通じ、

磯焼けの原因生物の一つと考えられているアイゴ*Siganus fuscescens* (藤田2006) の分布は確認されず、植食性魚類の藻場に対する高い摂食圧を示唆する形跡は認められなかった。しかし、潜堤のコンクリートブロックのすき間には植食性動物であるムラサキウニの高密度分布を確認しており、さらにアイゴも年によっては高密度に出現する可能性もあることから (和田ら2014)、食害に対する概念が払拭されているわけではない。現在、大谷海岸では春季に漁業関係者によるムラサキウニの駆除活動も行われているが、今後も食害生物の出現動向の監視は藻場を保全する上で必要であろう。

8 データ及び標本の保管

本調査の詳細な情報、採集した海藻類 (表3) の標本写真及び確認した魚類 (表4) の写真等については大河内 (2020) に記載している。また、本調査により得られた海藻類の押し葉標本は、公立鳥取環境大学岩美むらなかキャンパスに保管した。

9 謝辞

本研究にあたり、鳥取県漁業協同組合網代港支所の皆様には多大なるご理解とご協力を賜りました。また、同支所所属組合員の浜田美津夫氏には調査に際し船を出していただき、数々のご助言をいただきました。また、公立鳥取環境大学環境学部環境学科、2019年度卒業生の上原梓氏、大津裕平氏、弓立亜美氏及び4年生の小野凌氏、松原潤氏には、調査に際し多大なるご協力をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 水産庁：磯焼け対策ガイドライン、2015
- [2] Takao, S., N. H. Kumagai, H. Yamano, M. Fujii, and Y. Yamanaka: Projecting the impacts of rising seawater temperatures on the distribution of seaweeds around Japan under multiple climate change scenarios. *Ecol Evol.*, 5 (1) : 213-223, 2015.
- [3] 新崎盛敏：原色新海藻検索図鑑 (徳田廣 編)、北隆館、東京都、1964
- [4] 千原光雄：標準原色海藻図鑑、保育社、大阪、1970
- [5] 田中次郎、中村庸夫：日本の海藻、平凡社、東京、2004
- [6] 神谷充伸：海藻-日本で見られる388種の生体写真+押し葉標本-、誠文堂新光社、東京、2012
- [7] 中坊徹次：日本産魚類検索第三版、東海大学出版会、神奈川、2013
- [8] 長崎県水産部：長崎県における磯焼け対策ガイドライン、2012
- [9] 藤田大介：植食性魚類は海藻・藻場とどのように関わってきたか、*水産工学*、43: 53-58、2006
- [10] 和田年史、原口展子、山崎英治：日本海南西部鳥取県浦富海岸における浅海魚類相および出現魚種の季節的消長、*鳥取県立博物館研究報告*、51: 43-58、2014
- [11] 大河内美帆：大谷海岸における藻場の現状、公立鳥取環境大学令和1年度卒業論文、2020

千代川水系に設置された魚道の流速と水深の調査について

環境学部環境学科 太田 太郎・吉永 郁生
工藤 達也 (現 大同コンサルタンツ株式会社)

1. はじめに

千代川水系は鳥取県東部を流域とする一級水系である。本川の千代川の延長は52kmで沖ノ山（標高1,319m）を起源とし（国土交通省河川局 2006）、八東川、袋川などの支川と合流し、鳥取平野を経て日本海に注ぐ。本水系の流域面積は1,190km²で（国土交通省河川局 2006）、1市3町（鳥取市、八頭町、智頭町、若桜町）の住民約20万人の生活に深く関わり、他の我が国の主要水系と同様、古くより農業用水の水源としても利用されている。下流部の鳥取平野では、鳥取市河原町にある大井手用水堰より取水した大井手川（大井手用水）や、鳥取市円通寺にある大口堰より取水した山白川（大口堰用水）などから、農地に水が供給されている（角川日本地名大辞典編纂委員会 1982、鳥取県 2010）。大井手用水堰や大口堰以外にも、利水や治水を目的とした大小幾つかの堰が水系内には設置されており、これらの落差を伴う河川横断構造物には魚類や甲殻類の往来のための魚道が設置されている。しかしながら、地域住民や漁業関係者などから、これらの魚道の一部について十分な機能を果たしていないという意見も聞かれている。

千代川水系は、アユ*Plecoglossus altivelis*等の漁場としても古くから利用されている。しかし、アユの資源状態が近年著しく悪化しており（水辺の環境保全協議会 2020）、魚道の機能不全もその一因となっている可能性が示唆されている。魚道の機能不全は、特にアユやサケ類などの通し回遊性魚類の生息域の分断を引き起こすだけでなく、魚道下流部に魚が滞留することによるカワウ*Phalacrocorax carbo*による被食のリスクの増加も懸念されている。このような状況下において、既設魚道の機能の再評価と改善が、漁業関係者より強く求められている。

鳥取県では2019年に千代川の大井手用水堰の一部を改修し、低コストで機能的な魚道（以下、「小わざ魚道」と記す）を整備した。この小わざ魚道とは、河川に生息する生物の生態や特性を把握し、安価ながら効率的な改善策を行う「水辺の小わざ」という山口県で積極的に進められている事業において提案された魚道で（山口県土木建築部河川課 2016）、全国各地で導入が進められている。本稿では、大井手用水堰にて新たに整備された小わざ魚道など、千代川水系の5箇所（5箇所の堰）に設置された6つの魚道において、流速と水深を調査した結果を報告する。結果に基づき、アユの幼魚が遡上可能な魚道であるか否かを検討し、その機能性について評価を行った。

2. 方法

調査地と調査日について図1及び表1に示す。なお、調査時の水位については、国土交通省の水文水質データベース（国土交通省 online）より、調査地の近傍の観測所における水位の値を用いた（調

査時の水位について、前年（2018年）の水位の平均値との比較を行った）。

現地での調査に際し、最初に魚道の形状を把握するため、全体図をスケッチし、延長、幅、高低差などをメジャーや物差しで計測して、記録した。さらに魚道の形状に合わせて、30cmから3m間隔で測点を設定し、各測点で長さ1mの物差しにより水深を測定した後、電磁流速計（JFEアドバンテック AEM1-DA2164）により流速を測定した。なお、流速については各測点で5回ずつ測定し、その平均値を算出した。得られた値を元に、Origin pro 21018（OriginLab Corporation）により等値線図を作成した。

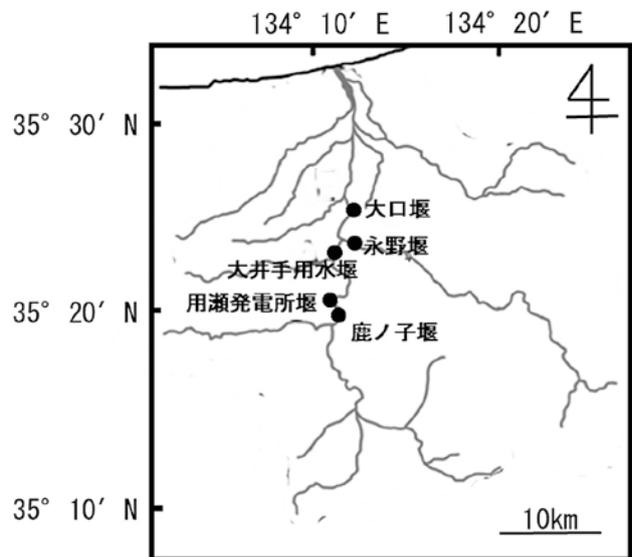


図1 千代川水系の地図及び調査地の位置

表1 調査地、調査日及び調査時の水位

調査地	河川名	調査日	水位の状況 [※]			
			近傍の水位観測所名	調査時の水位	2018年の平均水位	平均との比較
大口堰魚道	千代川	2019年11月2日	袋河原	-0.54	-0.25	平均より低め
大井手用水堰小わが魚道	千代川	2019年7月17日	袋河原	-0.57～-0.56	-0.25	平均より低め
用瀬発電所堰の魚道	千代川	2019年10月15日	用瀬	1.38～1.40	1.20	平均より高め
鹿ノ子堰魚道	千代川	2019年10月15日	用瀬	1.38～1.40	1.20	平均より高め
永野堰小わが魚道	八東川	2019年9月20日	片山	0.69	0.88	平均より低め
永野堰階段魚道	八東川	2019年9月20日	片山	0.69	0.88	平均より低め

※ 水位については国土交通省の水文水質データベースの値を用いた

3. 結果

3-1 大口堰魚道

大口堰は千代川の左に曲がる淵の部分に堰堤が設置されており、淵の外側である右岸側から左岸側に水が流れる構造となっている。堰堤の北端に頭首工があり、そこから約70mほど南側に魚道が設置されている（図2、図3）。魚道は十字型の左右対称構造となっており、上段の魚道から流れた水は、中段にある横向きの魚道と下段の魚道に別れる。また横向き魚道の下には扇形のプールがあり、ここはほぼ止水状態となっている。さらに、このプールの下の扇状の斜路には粗石が埋め込まれている。

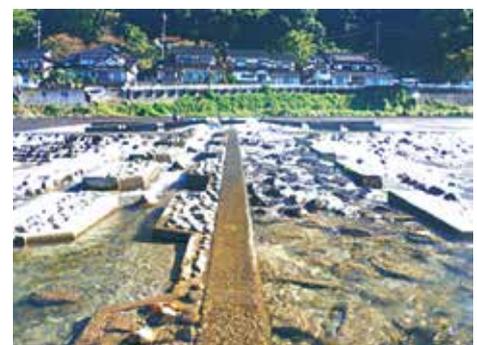


図2 大口堰の魚道の写真

本調査では、上流から見て魚道の左側（南側）半分の流速と水深を測定した。

上流側の魚道は水量が多く、中程で1.80m/s以上の流速域があったものの、その他の範囲は0.60m/s前後に抑えられていた。下流側の魚道では一部1.20m/s前後の流速域があったが、大部分は0.60m/s以下の流速域であった。横向きの魚道は0.60m/s以下の流速域が広がった(図4左)。

水深については、上流側の魚道ではほとんどの範囲で0.60m以上となった。一方、下流側の魚道では、上流部では水深0.40m前後であったが、下流に向かうほど浅くなり、最下流部では0.10mを下回った。横向き魚道では、上流部では0.30mの水深を確保できていたものの、下流部は浅く、0.10m程度であった(図4右)。

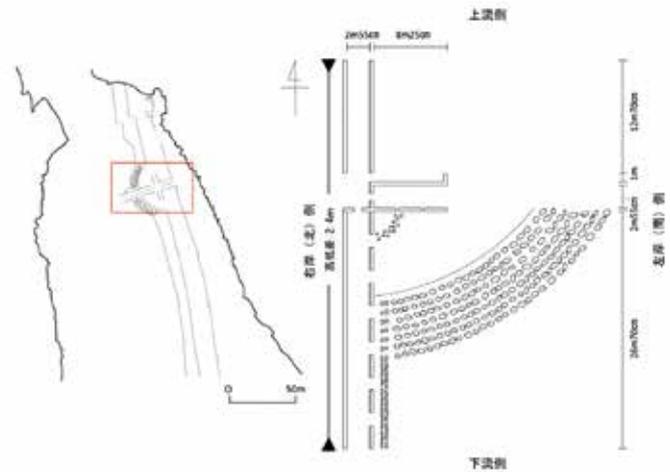


図3 大口堰の魚道の位置(左)と南側の魚道の形状(右)

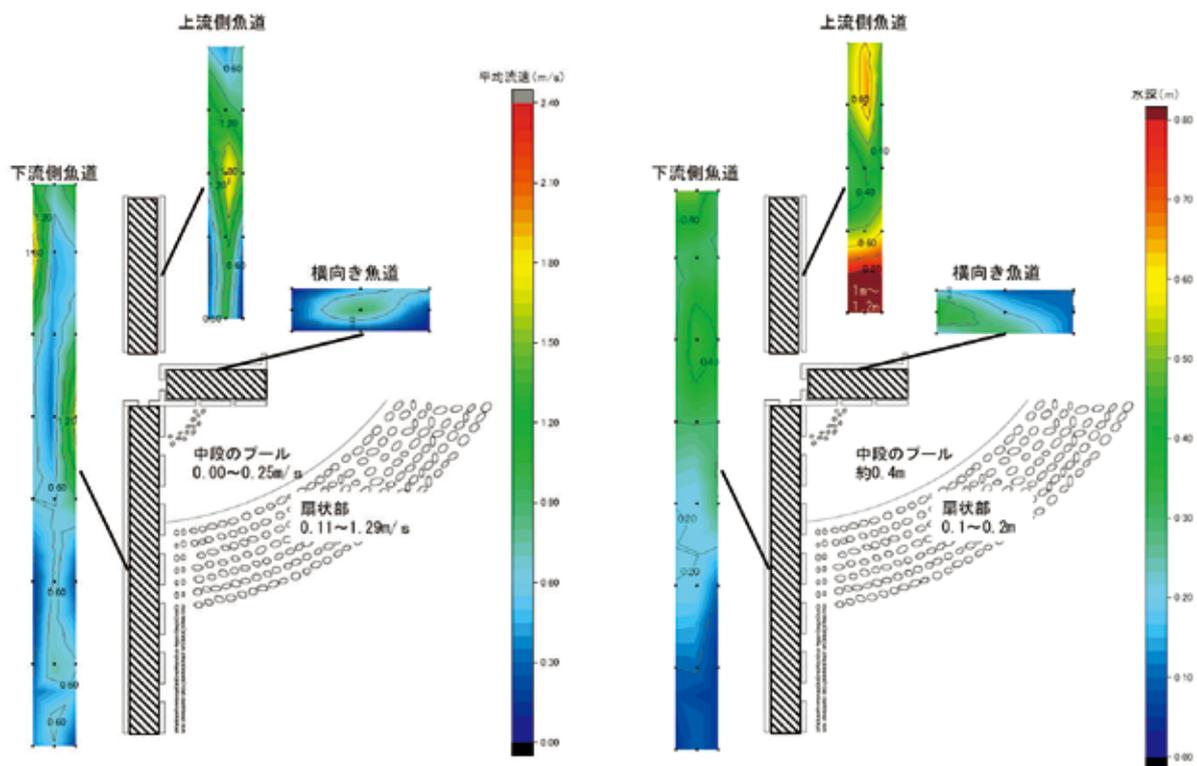


図4 大口堰の南側の魚道の流速(左)と水深(右)の等値線図

3-2 大井手用水堰の小わざ魚道

大井手用水堰では堰堤の左岸よりにある2019年3月に新設された粗石を埋め込んだ小わざ魚道を調査対象とし、比較のために隣接する斜路でも流速と水深の計測を行った(図5、図6)。

小わざ魚道、斜路とも上流端の流速は0.60m/s以下であった。小わざ魚道では、傾斜がきつく流れが集中する右岸側上流部では2.40m/s前後の速い流速であったが、左岸側の広い範囲で流速が0.60m/s

s以下に抑えられていた。一方、斜路では、上流端を除く傾斜面のほとんどの範囲で1.20m/s以上の流速となり、斜路の右岸側では2.40m/sを超える測点もあった（図7左）。

水深については、小わざ魚道、斜路とも上流端では概ね0.10mであった。小わざ魚道では下流端で水深0.10m以下であったが、魚道中段部の水深はほとんどの測点で0.20m前後であった。一方、斜路では右岸側上流部で水深が0.10mを超える測点があったが、それ以外の測点では0.10mを下回った。（図7右）



図5 大井手用水堰の小わざ魚道の写真

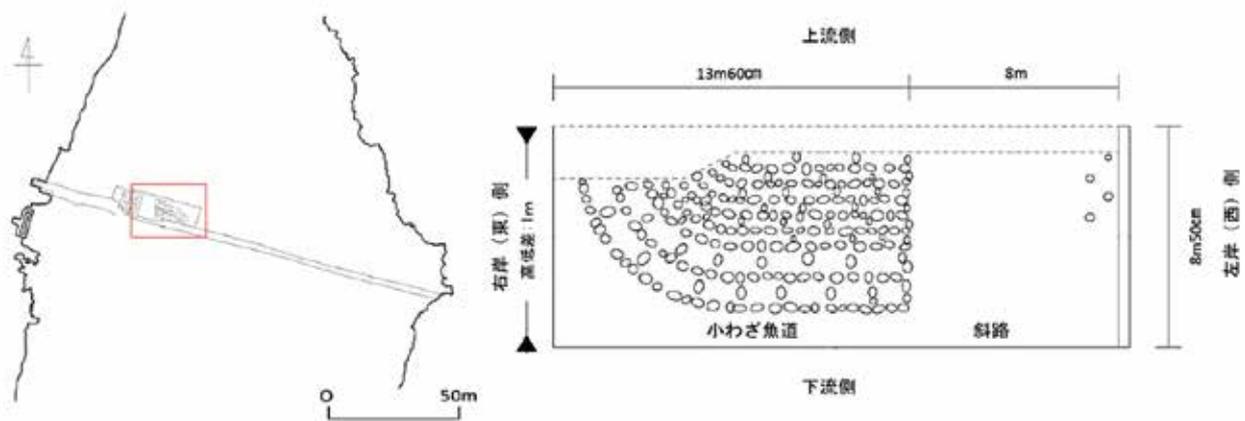


図6 大井手用水堰の魚道位置（左）と小わざ魚道及び斜路の形状（右）

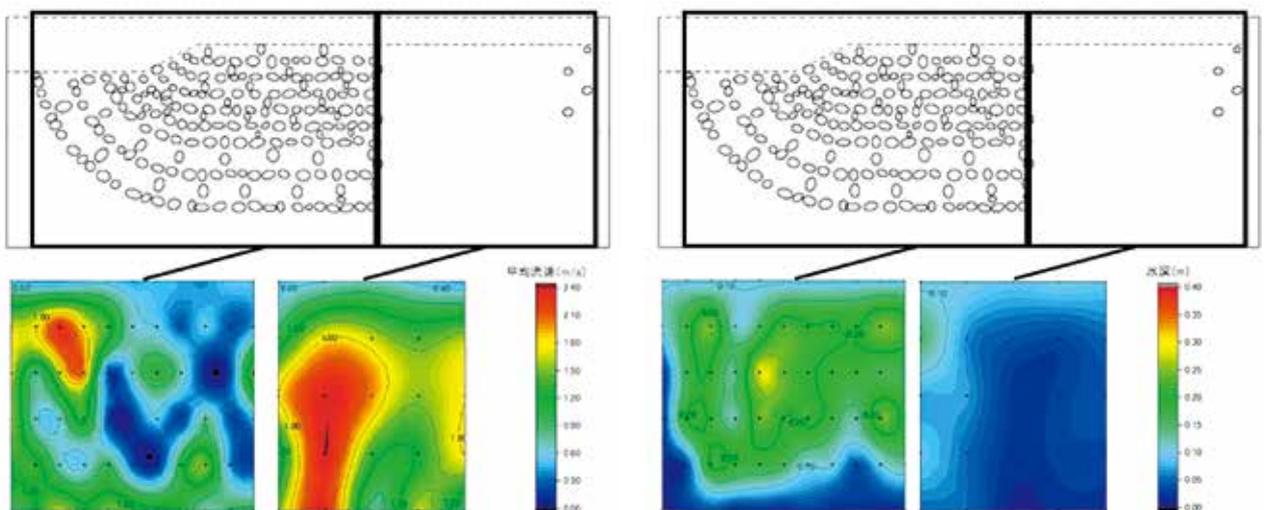


図7 大井手用水堰の小わざ魚道及び斜路の流速（左）と水深（右）の等値線図

3-3 用瀬発電所堰の魚道

この魚道は、左岸側に隔壁が3段設置された、軽易な構造をした階段型魚道である（図8、図9）。魚道の一段目と二段目の隔壁付近では流速が抑えられていたが、中程から下流部にかけての流速は速く、右岸よりで3.00m/s以上の速い流速となった（図10左）。水深については、ほとんどの場所で0.3m以上あった（図10右）。



図8 用瀬発電所堰の魚道の写真

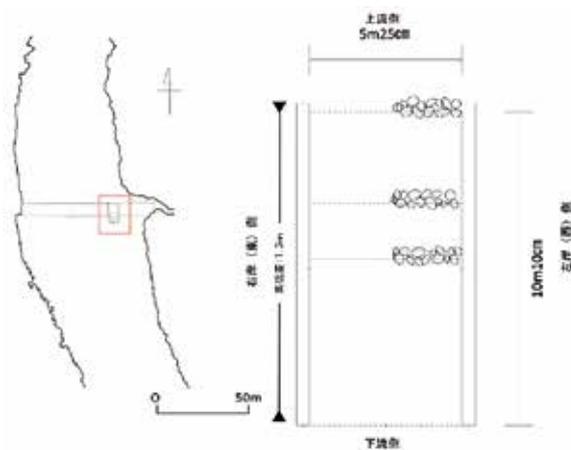


図9 用瀬発電所堰の魚道の位置（左）と形状（右）

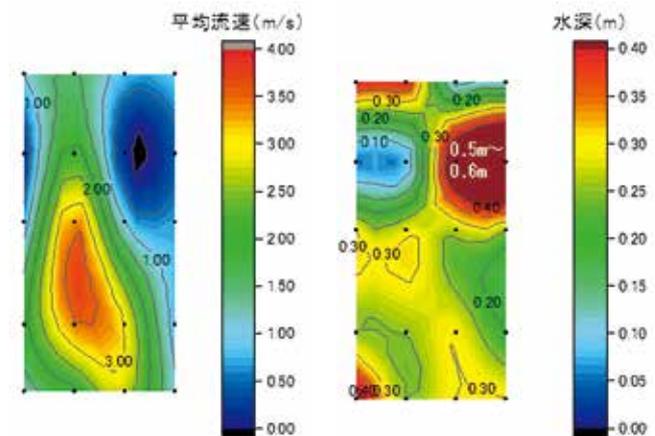


図10 用瀬発電所堰の魚道の流速（左）と水深（右）の等値線図

3-4 鹿ノ子堰の魚道

この魚道は、高低差が2.5mと大きいため、勾配がきつい。また、魚道内の隔壁もほとんど欠落した状態となっていた（図11、図12）。魚道内の水量が多く、水深は確保されているが、流速は1.7～4.2 m/sと極めて速かった（図13）。



図11 鹿ノ子堰の魚道の写真

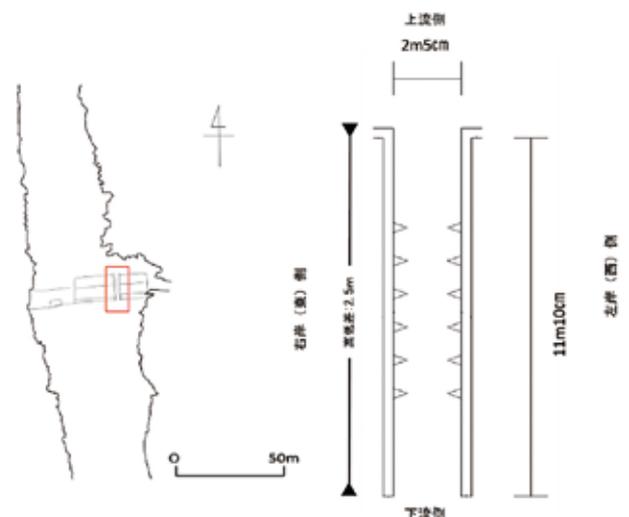


図12 鹿ノ子堰の魚道の位置（左）と形状（右）

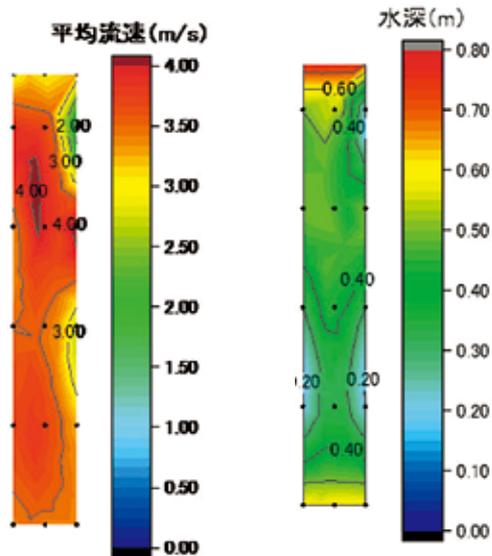


図13 鹿ノ子堰の魚道の流速（左）と水深（右）の等値線図

3-5 永野堰の小わざ魚道

永野堰の左岸側の斜路には小型の小わざ魚道が設置されている（図14、図15）。この魚道の中央部では流速が1.20m/sを超えたが、他の測点では0.60m/s以下となった（図16上）。ただし、魚道内の水深が浅く、ほとんどの場所で0.05m以下であった（図16下）。魚道内に設置されていた構造物（粗石）が、一部破損して脱落していたことも大きく影響していると考えられた。



図14 永野堰の小わざ魚道の写真

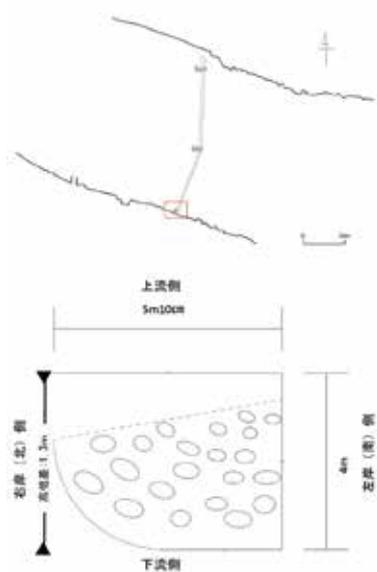


図15 永野堰の小わざ魚道の位置（上）と形状（下）

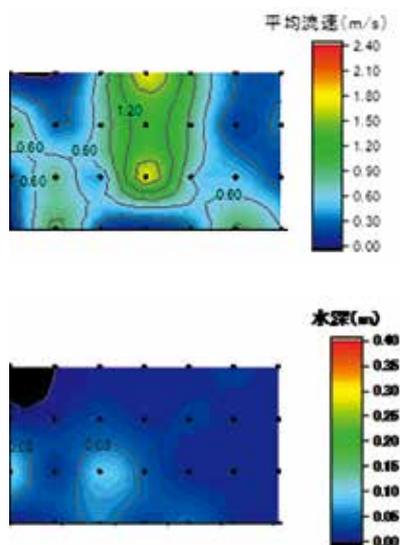


図16 永野堰の小わざ魚道の流速（上）と水深（下）の等値線図

3-6 永野堰の階段魚道

永野堰の右岸側に設置された2列の階段魚道のうち、右岸側の魚道で計測を行った(図17、図18)。通水部の流速は1.20m/sであったが、隔壁下部には止水域が形成されていた。(図19左)。水深については、通水部では0.40m前後の水深が確保されており、隔壁下部でも0.20m前後の水深が確保されていた(図19右)。



図17 永野堰の階段魚道の写真

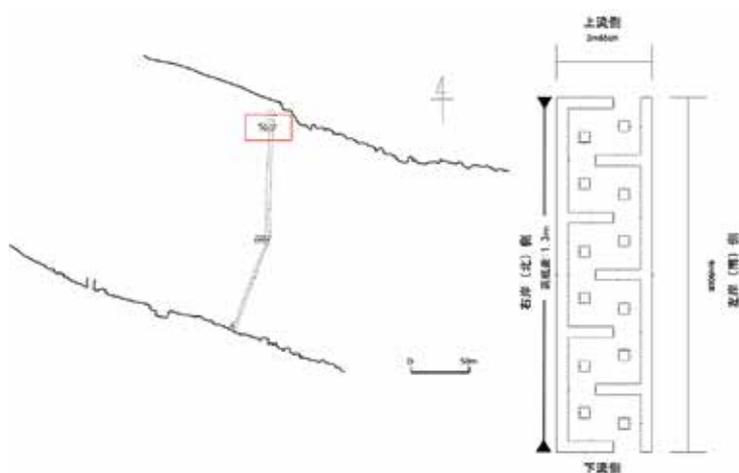


図18 永野堰の階段魚道の位置(左)と形状(右)

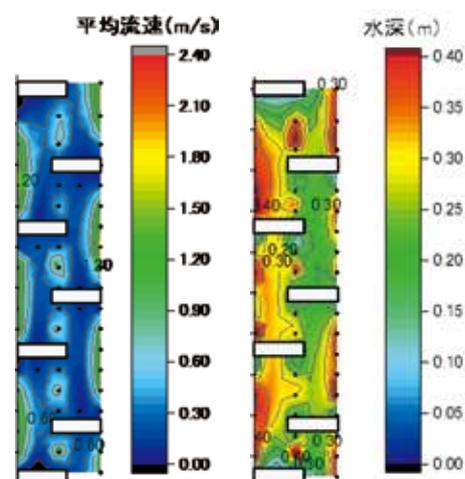


図19 永野堰の階段魚道の流速(左)と水深(右)の等値線図

4 各魚道の機能評価

アユの巡航速度(通常遊泳速度)は体長(BL: Body Length)の4から7倍(BLcm/s)で、突進速度は12から18倍(BLcm/s)と言われている(中村 1995)。遡上期のアユの幼魚は7から8cm程度であることから、魚道内の遡上経路上の流速域は、巡航速度より遅い0.5m/s以下の範囲が広いことが望ましい。また、1.5m/s以上の流速域が遡上経路上に広範囲にある場合には、基本的にアユの幼魚は遡上が不可能と判断することができる。さらに中村(1995)は、遡上に必要な水深について、体高の2倍以上必要と述べている。このことから、魚道内の遡上経路上の水深は5cm程度確保されていればアユの幼魚の遡上は可能と考えられるが、安全率を見て10cm程度の水深を確保すべきと判断した。以上の根拠を元に、本研究で測定した6つの魚道について、アユの幼魚が遡上可能な魚道であるかを基準に、機能性についての評価を検討した(表2)。

大口堰については、遡上に際し必ず通過する必要がある上流側の魚道で、1m/s以上の流速域の範囲が広いことから、アユの幼魚の遡上は困難と判断した。また、下段側の魚道の下流端の水深も浅くなっており、この点についても改善の必要がある。中段のプールへの進入は、粗石が設置された扇状部からの進入も可能と考えられるが、下流側の魚道の下流端の掘削や堆積物の除去により機能性の

向上が期待できる。

大井手用水堰に新設された小わぎ魚道については、遡上経路上の流速も十分に抑制されており、一部休息場となる止水に近い流速域も形成されていた。また、水深についても中段付近では十分に確保されており、アユの幼魚が遡上可能な環境が整っていると判断した。ただし、下流端の水深が浅く、この点については改善の余地がある。

用瀬発電所堰と鹿ノ子堰の魚道については、遡上経路上の流速が速く、アユの幼魚の遡上は困難及び不可能と判断した。特に鹿ノ子堰については、傾斜がきつく、隔壁も欠損しており、魚道としての機能をほとんど果たしていないと判断した。

また、永野堰の小わぎ魚道については、調査実施日に魚道上の粗石が一部脱落していたため、本来の機能が発揮されていなかったものと判断された。当該魚道は設置から約10年が経過している。小わぎ魚道は、自然石を利用していることなどから、階段魚道よりも耐久性は低いと考えられ、維持管理と定期的な修繕が課題となろう。永野堰の階段魚道については、通水部の流速はやや速いが、止水域も形成されており、アユの遡上は可能と判断した。

表2 調査した魚道の総合評価

魚道	流速による 評価	水深による 評価	総合評価	評価理由
大口堰複合型魚道	△	○	△	多様な経路が確保されているが、遡上の際に必ず通過が必要な上流側の魚道の流速が速いため、アユの幼魚の遡上は困難と判断した。
大井手用水堰小わぎ魚道	◎	○	◎	流速、水深ともにアユの幼魚の遡上に適しており、総合評価を優とした。
用瀬発電所堰魚道	△	◎	△	水深は確保されているものの、速い流速域が広く、アユの幼魚の遡上は困難と判断した。
鹿ノ子堰魚道	×	◎	×	傾斜がきつく、流速が全体に極めて速いためアユの幼魚の遡上は不可能と判断した。
永野堰小わぎ魚道	◎	×	×	水深が浅すぎるため、アユの幼魚の遡上は不可能と判断した。
永野堰の階段魚道	△	◎	○	通水部の流速はやや速いが、止水域もあり、アユ幼魚の遡上は可能と判断した。

◎：優（遡上に適している） ○：良（遡上は可能） △：可（遡上は困難） ×不可（遡上不可能）

※ 括弧内は総合評価の基準

5 今後の課題

アユに代表される海と川を行き来する通し回遊魚にとって、魚道の機能不全による往来の阻害は、個体群の維持にとって致命的要因となる可能性も考えられる。連続性のある豊かな河川生態系を維持するためには、水系全体で魚道の機能を定期的に点検し、必要に応じて改修を進めていくべきである。この際、小わざ魚道の導入は、機能面及びコスト面で有効な手段と考えられた。実際、2019年度に設置した大井手用水堰に設置された小わざ魚道は、今回調査を行った6つの魚道の中では、最も機能性が高い魚道と判断された。ただし、小わざ魚道は階段魚道に比べ構造的に耐久性の面で劣ると推測される。実際に設置から約10年が経過した永野堰の小わざ魚道では、斜面に設置された粗石が脱落しており、本来の機能が発揮されていない状態となっていた。魚道の改修と合わせ、保守管理体制の整備も重要な課題と考えられた。

6 謝辞

本研究にあたり、千代川漁業協同組合、鳥取県農林水産部水産振興局水産課、鳥取県栽培漁協センターの皆様には、多大なるご支援をいただきました。また、公立鳥取環境大学2019年度卒業生の上原梓氏、大津裕平氏、大河内美帆氏、森光建太氏には調査に際し多大なるご協力をいただきました。末筆ながら厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 国土交通省河川局: 千代川水系河川整備基本方針、2006
- [2] 角川日本地名大辞典編纂委員会: 角川日本地名大辞典 31 鳥取県、角川書店、東京、1982
- [3] 鳥取県: 千代川水系（大路川ブロック）河川整備計画、2010
- [4] 水辺の環境保全協議会: 鳥取県アユ不漁対策プラン、2020
- [5] 山口県土木建築部河川課: 水辺の小わざ（改訂増補第二版）、2016
- [6] 国土交通省: 水文水質データベース（千代川水系の袋河原、用瀬、片山観測所）<http://www1.river.go.jp/>（最終閲覧日: 2020年3月11日）
- [7] 中村俊六: 魚道のはなし—魚道設計のためのガイドライン、山海堂、1995

大山地域における送粉昆虫の多様性と植物の交配様式の関係

環境学部環境学科 笠木哲也

1. はじめに

中国地方で最も標高の高い大山は、多様な生物が分布する貴重な自然環境である。大山は標高が1,729mしかないが、独立峰的に存在し且つ日本海に面するという地形的及び地理的特徴により、生物にとっては厳しい気象条件となる。そのため、低温や強風に曝される山頂付近にはイチイが矮性化したダイセンキャラボクの純林が広がり、高山的な植生景観が形成されている。また、西日本には希少な高山性の植物も見られる。特に、ツガザクラやミヤマハンノキのように北海道から本州中部に分布しながら隔離的に大山に分布する植物もあり、これらは生物地理学的に非常に興味深いものである。一方、山裾に広がるブナ林は西日本随一の規模を誇る。人為的利用の影響が強く残る二次林が多いが、人為の影響が少なく、大サイズのブナからなる成熟した森林も少なくない。このようなブナ成熟林は構成植物種数が多く、オオカメノキやハウチワカエデなどを中心に多様な低木種や林床草本が生育する。このような大山地域の貴重な自然環境の中で生物たちがどのように生きているのか、その生活の一端を解き明かすことは地域の知的財産を増やすことに繋がる。

被子植物25万種のうち約9割は動物媒であり、そのほとんどが昆虫媒である (Ollerton 2010)。昆虫媒植物の花形態は、送粉者(花粉媒介者)となる昆虫との相互作用によって多様化したと考えられる。送粉成功は適応度に影響するため、花の形態には送粉者の行動やサイズが選択圧として強く作用する。マルハナバチ類は、体表面を覆う毛による高い花粉運搬能力をもち、さらに、特定の植物に対して高い忠実度を示す。そのため、マルハナバチ類に送粉される植物はマルハナバチに特化した独特の花形態をもつものが多い。このような一群はマルハナバチ媒花植物と呼ばれる。例えば、ツリフネソウのように深い花冠の奥に花蜜を分泌し、マルハナバチが花冠に口吻を挿し込んで吸蜜する際、花冠入り口付近に配置された生殖器官に接触させるような構造は、マルハナバチ媒花植物がとる典型的な花形態である (図1)。マルハナバチ媒花植物の送粉成功には、マルハナバチの体サイズと花のサイズの一一致が重要であり、花冠入り口付近に生殖器官がある植物の場合、花冠長はマルハナバチの口吻長に対応することが多い。



図1. ツリフネソウの花の形態とマルハナバチの訪花行動。

特定種のマルハナバチの行動や体サイズに合致した形態をとるマルハナバチ媒花植物は、他種の昆虫だけでなく、体サイズや行動特性の異なる他種マルハナバチの訪花を受けても送粉効果がない場合が多い (Suzukiら2002)。これは特異的な形態をとる花ほど顕著となる。大山地域の森林内にはミズキ科のウリノキ (*Alangium platanifolium*) というマルハナバチ媒花の低木が多く生育する (図2)。ウリノキは細長い花冠を下向きに咲かせ、さらに花冠から突き出すように長い雄しべと雌しべをぶら下げる (図3)。マルハナバチ媒花植物としては異例に生殖器官が花冠から突出している。ウリノキに飛来するマルハナバチは花冠の先端に前肢を引っ掛け、中肢や後肢で雄しべを掴み込むことが多い。このような訪花行動の際、マルハナバチの体は長い雌しべの先端の柱頭 (花粉を受容する部位) には触れないことが多い (図4)。ウリノキの長い生殖器官はマルハナバチ媒花植物としては不利な花形態であると予測される。ウリノキにおいて子孫 (種子) を残すことに結びつきにくい花形態が進化した原因を探るため、大山地域の森林でマルハナバチの行動とウリノキの交配システムの関係調べた。



図2. 多数の花をつけるウリノキ.



図3. ウリノキの花の形態.



図4. ウリノキに訪花するマルハナバチ類.

2. 結果と考察

2.1. 開花フェノロジー

大山（鳥取県大山町）の山麓、標高約900mの落葉広葉樹林を調査地とした。調査地は、樹高20mをはるかに超えるブナ、ミズナラ、イタヤカエデの他、古くに植えられたスギなどが林冠木となる成熟した林分であり、ウリノキは林内のやや土壤水分が高い場所に生育していた。ウリノキは、長さ4 cm程度の細長い蕾の先端部を裂開させ、花弁を巻き上げるように開花する。花弁はすべてを巻き上げず、深さ1.5 cm程度の花冠部を残す。蕾の中では既に雌しべと雄しべが成長しており、開花後、それらが花冠からぶら下がった状態で露出する。開花時には既に葯が裂開し、花冠から突出した雄しべ全体に花粉が噴出した状態になる。雌しべは雄しべより2-3 mm長く、花粉を受容する柱頭は雄しべから突き出た先端部に位置する（図3）。

2019年6月上旬、調査地でウリノキをランダムに50個体選んだ。各個体上で蕾をランダムに15花（計750花）選び、開花日を調べた（図5）。調査地のウリノキ個体群では20日間に渡って開花が続き、マルハナバチ媒花植物としては比較的長い開花期間を示した。ウリノキの個花の寿命は1日であった。選んだ750花の開花は6月16日から7月5日までの20日間続き、1日あたり平均約34花開花し、最大開花数は75花（6月23日）であった。

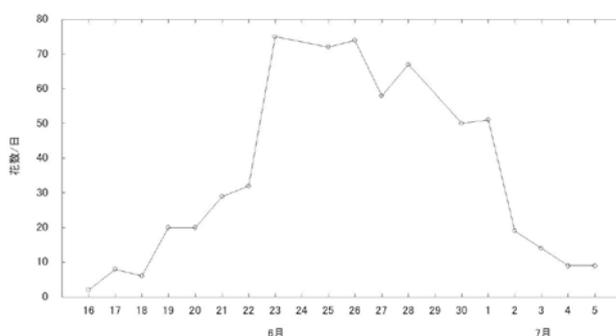


図5. 開花フェノロジー.

ウリノキは1花あたりの胚珠数が1なので、果実ができれば種子結実したことになる。選んだ750花の開花期間を通しての結実率は30%程度であった。開花期間（20日間）を3日または4日間隔で6期に区切り、各期の結実率を調べた。初期は結実率が10%程度であった。しかし、開花時期の進行に伴って結実率が上昇し、開花後期には50%程度であった（図6）。

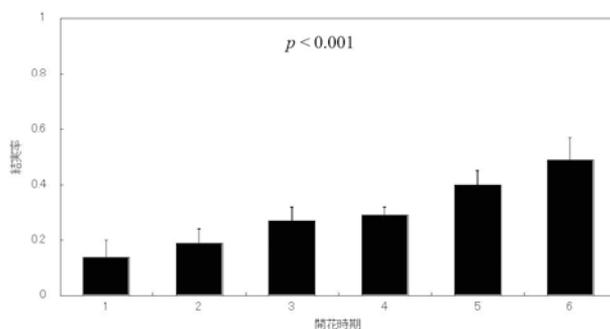


図6. 開花期間を6期に分けた結実状況.

2.2. マルハナバチ類の訪花

調査地では、コマルハナバチ (*Bombus ardens*) とトラマルハナバチ (*Bombus diversus*) がウリノキに訪花した。コマルハナバチは春早い時期に女王バチが活動を始め、コロニーを創設する。コロニーの寿命は短く、6月中には終了する。そのため、ウリノキの開花時期にはコマルハナバチのコロニーは終盤に入っており、雄バチの訪花が観察された。一方、トラマルハナバチはコロニー創設期に当たり、女王バチの活動も観察された。マルハナバチ類の訪花頻度 (1花、1時間あたり訪花数) は、開花期間の中期以後に高くなる傾向があったが(図7の白いバー)、開花期間を通して訪花は観察された。マルハナバチが雄しべと雌しべにぶら下がって吸蜜する際、雌しべ先端の柱頭に触れた場合を正当訪花とした。正当訪花は開花期間の前期にはほとんど見られず、中期以降、特に後期になってから著しく増加した (図7の黒いバー)。

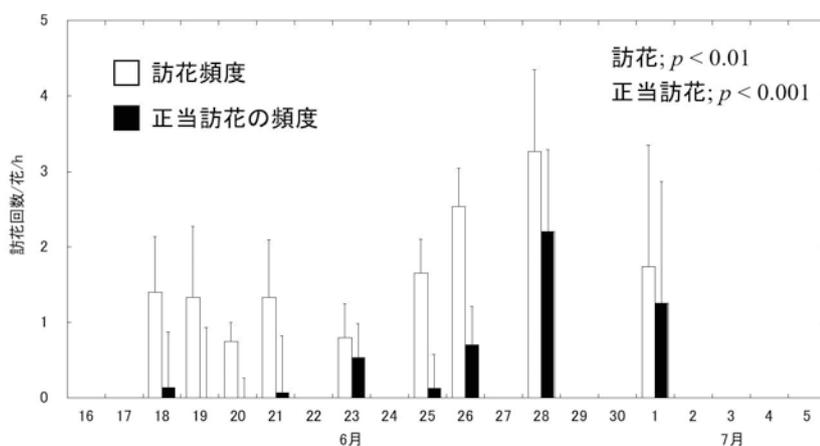


図7. 開花期間を6期に分けた結実状況

2.3. 花形態とマルハナバチのサイズ

ウリノキの花の各部位の平均サイズは、花冠の深さが16.0mm、雄しべの突出長が21.9mm、雌しべの突出長が23.3mmであった (図8)。マルハナバチは、種及びカーストによって体サイズに違いが認められた (図9)。トラマルハナバチは、女王バチの飛翔が観察されたことから、コロニー創設初期の時期であったと考えられた。マルハナバチ類は、コロニー創設後しばらくの間、体サイズの小さいワーカーが採餌行動を行い、徐々に体サイズの大きなワーカーと入れ替わっていく。そこで、トラマルハナバチについては、開花期間の前期と後期に体サイズを測定した。それぞれの体長と口吻長は、コマルハナバチの雄が18.0mm、3.4mm、コマルハナバチのワーカーが15.1mm、5.9mm、開花期間初期のトラマルハナバチのワーカーが20.2mm、9.2mm、後期が23.6mm、10.2mmであった。初期のトラマルハナバチはコマルハナバチよりも体サイズが大きい傾向があったが、有意差は認められなかった。コマルハナバチのワーカー及び雄、そしてトラマルハナバチの初期のワーカーの体長は、ウリノキの雌しべ突出長よりも短く、送粉には不利と推測された。後期のトラマルハナバチは、コマルハナバチだけでなく、初期のトラマルハナバチよりも有意に大きく、体長はウリノキの雌しべ突出長とほぼ同じ長さであった (図10)。このことから、調査地のウリノキ個体群では、開花後期に出現するトラマルハナバチが送粉に対する貢献度が高いと推測された。



図8. ウリノキの花の各部位のサイズ

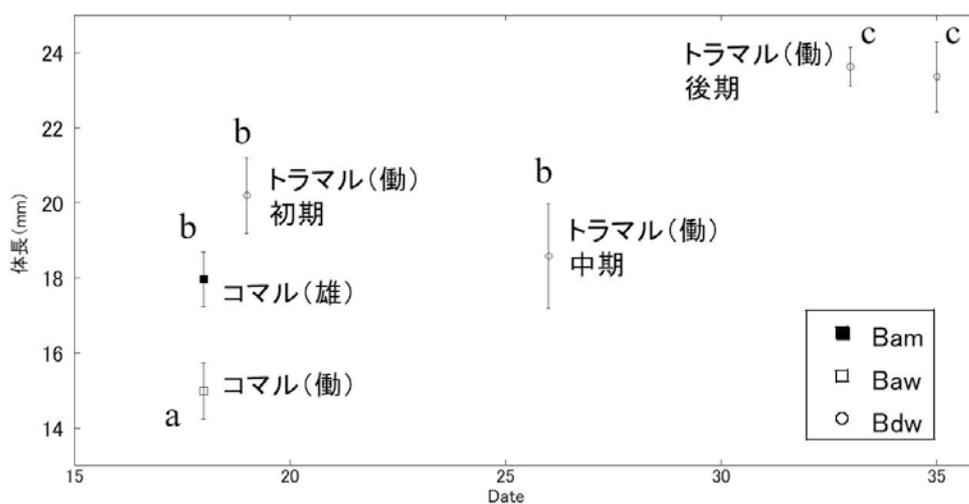


図9. マルハナバチの体長

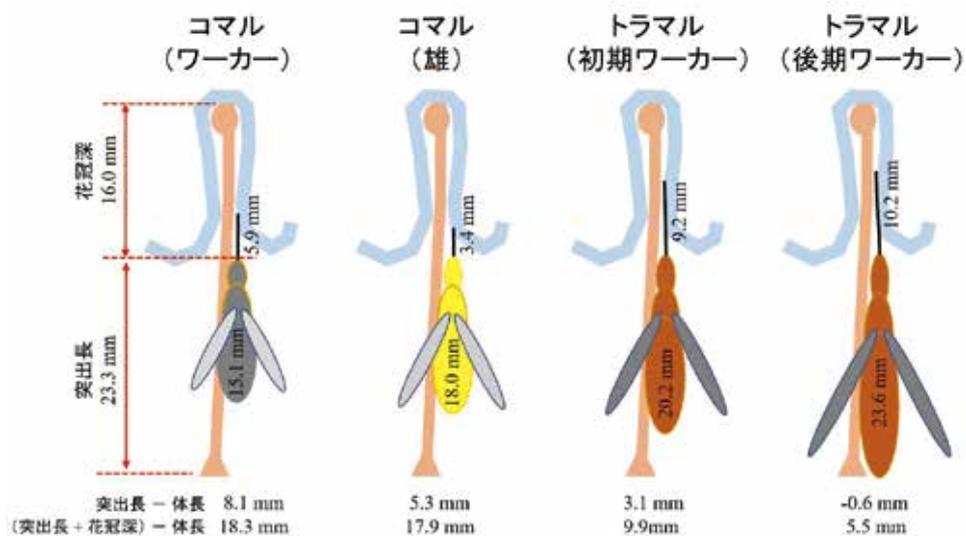


図10. ウリノキの花形態とマルハナバチの体サイズの関係

2.4. まとめ

大山のウリノキ個体群は、マルハナバチ媒花植物としては比較的長い3週間という開花期間を示した。ウリノキの個花の寿命は1日なので、開花日はそのままマルハナバチの送粉効果を反映する。個花レベルでの結実率データは、開花初期にはマルハナバチの送粉成功が低く、後期近くに開花した花ほど高くなることを示したが、このことは、ウリノキの結実成功にはマルハナバチの訪花頻度よりも正当訪花数が影響していることを示唆するものである。そして、この開花時期による正当訪花数の変化は、トラマルハナバチ集団の季節的なサイズ変化によるものであり、開花期間の後期に出現した体サイズの大きなトラマルハナバチがウリノキの結実成功を高めたものと推測された。ウリノキの花冠から大きく突出した生殖器官は、体サイズの大きなトラマルハナバチに対して適合性が高いと考えられる。植物の開花時期とマルハナバチの出現タイミングは年によって一致しないことがあり、特に春季に開花する植物では結実成功低下の大きな原因となることがある (Kudoら2019)。ウリノキの3週間という比較的長い開花期間は、トラマルハナバチの季節的な体サイズ変化の年変動性に対応するものである可能性がある。

しかしながら、なぜウリノキの生殖器官は短くなる方向に進化しないのかという疑問が残る。体サイズの小さなマルハナバチに適合するように、生殖器官が短くなる方向になぜ進化しなかったのだろうか。現時点では、黄色で目立つ雄しべがマルハナバチに対して誘引効果があり、その誘引効果を維持するために長くなる方向に進化したという可能性を考えている。今後、造花を使った野外での操作実験によって解明する予定である。本研究課題の成果によって今後の研究の展開に新たな見通しが立てられた。

謝辞

本研究は令和元年度公立鳥取環境大学特別研究費の助成を受けて実施した。本研究では和田祥馬氏、楠本淳貴氏に野外調査を補助していただいた。

参考文献

- [1] Kudo, G., Cooper, E.: When spring ephemerals fail to meet pollinators: mechanism of phenological mismatch and its impact on plant, Proc. R. Soc. B 286, 20190573, 2019.
- [2] Jeff Ollerton, J., Winfree, R., Tarrant, S.: How many flowering plants are pollinated by animals?, Oikos, 120:321-326, 2011.
- [3] Suzuki, K., Dohzono, I., Hiei, K., Fukuda, Y.: Pollination effectiveness of three bumblebee species on flowers of *Hosta sieboldiana* (Liliaceae) and its relation to floral structure and pollinator sizes, Plant Species Biology, 17:139-146, 2002.

2019地域イノベーション研究 vol.7

令和2(2020)年7月

発行 公立鳥取環境大学

地域イノベーション研究センター

〒689-1111 鳥取市若葉台北1丁目1-1

サステイナビリティ研究所内

TEL (0857) 32-9105(代)

FAX (0857) 32-9108

印刷 中央印刷株式会社

Regional Innovation Research 2019

Tottori University of Environmental Studies
Regional Innovation Research Center