



2021

## 地域イノベーション研究 vol.9

Regional Innovation Research

## 巻 頭 言

Covid-19のパンデミックから2年が経過し、様々なワクチンや治療薬も実用化されつつあります。終息は間近だと思われまふ。しかしこのような新規の感染症の脅威は、人類が生存していく限り、無くなることはありません。ウイルスと宿主との関係性はしばしば「軍拡競争」のアナログとされ、宿主が感染症に対する防衛策を獲得すると、ウイルスもまた新たな変異を遂げてその防衛網をすり抜けることを繰り返しています。結果的にウイルスが宿主と平和的に共存する形でこの競争を終えることになりまふ。私は、過去数十年にわたってさまざまな生物のゲノム（遺伝子やそれ以外の領域を含めたすべてのDNA情報）を見てまいりましたが、生物のゲノムには過去のウイルス感染の履歴が多く残っています。またこれこそが生物進化の大きな動力であるという論理も大変有力です。感染症のみならず、生物が他の生物との相互作用によって進化していることは21世紀のこの領域の科学のもたらした新しい知見です。そしてこの事が、生物すべてが現状に留まることなく自らのゲノムを変化させることで未知の環境に適応し続けているのだということを再認識させてくれます。

人間社会も同様です。今回のCovid-19のパンデミック前とは、日本の社会環境も大きく変化しました。リモートワークが普及し、会議もオンラインで十分に議論できるようになりました。そのためか、都市部で業務する優位性が低下し、結果的に都市人口の地方流出傾向の兆しが表れるようになったとの報告<sup>1</sup>もあります。ただ、同報告書では地方企業におけるリモートワークの普及が遅れており、この事が今後地方のビジネス環境、つまり労働人口の定着と産業の発展の障害となる可能性も指摘しています。また別の議論<sup>2</sup>では、地方の教育環境に対する子育て家庭の不満を指摘するとともに、首都圏の大学の優位性を認める限り、若年層の都市への移動は避けられないとも論じています。そういう点では、地方大学こそ、オンライン授業の有効性を生かすべきなのかもしれません。

今年、ウクライナへのロシアの侵攻とそれに対する経済制裁の影響から、日本の食料やエネルギー安全保障に関する危機意識が高まりました。いずれも日本の都市部の弱点とされているところであり、なおさら地方の優位性が今後目立つことでしょう。しかし、すべての地方が一律で優位なわけではありません。地域ごとに異なる弱点があるように思っています。鳥取の場合はやはりエネルギー面とICT環境（人間のリテラシーも含めて）が弱点と言えるかもしれません。

自然はもとより人間の生きる環境をも重視する公立鳥取環境大学は「人と社会と自然との共生」を理念としています。アフターコロナの社会環境はこの理念達成の追い風になると期待しています。

令和3年5月

地域イノベーション研究センター長 吉永 郁生

### 参考文献

- 1 岡田豊、コロナ禍で人口の地方分散の兆し-定着へリモート化を促進し、地方創生を推進-、みずほ総合研究所、2020年
- 2 鬼頭宏、都市から地方へ 人口の回帰はコロナ禍で定着するか?、WEDGE、2022年



## 【目次】

食のみやこ鳥取づくり連携支援計画に基づく地域事業者との価値共創 ～生産者・消費者の科学的根拠の相互理解を踏まえた地域食材の価値向上～	環境学部環境学科 山本 敦史…………… 1
有機質資材連用年数が水稲による窒素吸収量及び水田土壌中の窒素含量に与える影響	環境学部環境学科 角野 貴信 外村 翔吾……………11
プロジェクト・ヘルシュによる鳥取県の農産物マーケティング支援 —鳥取づくり連携支援計画に基づく地域事業者との価値共創—	経営学部経営学科 竹内 由佳……………17
バックカスティングにおけるビジョンの質と創造性発揮の動機づけとの関係	経営学部経営学科 磯野 誠……………26
鳥取県の中小製造企業における若年者人材の育成と活用	経営学部経営学科 兪 成華……………33
環境教育活動を主軸とした地域活性化の活動に関するアクションリサーチ —「八東ふるさとの森」における産官学の取り組みに関する事例研究—	環境学部環境学科 甲田 紫乃……………40
星鳥県の活性化のための、天体電子観望機器を用いた地域貢献としての学生ボランティア の関わり方開発	環境学部環境学科 千代西尾 祐司……………46
鳥取県東部千代川水系に分布するギギ <i>Tachysurus nudiceps</i> の生態	環境学部環境学科 太田 太郎 加藤 大寛・小林 健太朗 ……56
産業廃棄物の有害性判定のための溶出試験における六価クロム分析技術の開発	環境学部環境学科 門木 秀幸・政井 咲更美 成岡 朋弘・有田 雅一 ……62



# 食のみやこ鳥取づくり連携支援計画に基づく地域事業者との価値共創 ～生産者・消費者の科学的根拠の相互理解を踏まえた地域食材の価値向上～

環境学部環境学科 山本 敦史

## 1. はじめに

### 1.1. 農業による地域経済牽引への期待

農林水産省が令和4年4月に公表した農林水産物輸出入情報によると令和3年度の農林水産物輸出額は11,626億円に達し、統計開始以来年間1兆円を初めて超えた。農林水産省が公表する「食料・農業・農村白書」においても平成20年より農業の成長産業化という言葉が汎用されるようになっていることも、農業が地域経済を牽引することへの期待の現れと言える。鳥取県においても平成27年に策定した「鳥取県元気づくり総合戦略」の中で農林水産物のトップブランディング等の取組みにより、輸出事業者数、年間出荷額が増加している。農業所得の向上は今後も重要な課題であり、「鳥取県元気づくり総合戦略」の経緯を踏まえて策定された第2期総合戦略「鳥取県令和新時代創生戦略」においても県育成品種のブランド化、付加価値を創出する6次産業化が方向性として盛り込まれている。

### 1.2. 食品の表示をとりまく状況

食は人間が生きていく根幹をなすものである。一般消費者がその安全性を理解し、自主的かつ合理的な食の選択を行う上で、食品に表示される情報は十分かつ信頼できるものでなくてはならない。しかしながら令和4年2月にはアサリの産地偽装が明らかになる等、消費期限・食材の偽装・誤表示の事例は国内で継続的に発生している。食品表示法に基づく食品表示基準が令和2年4月から完全施行となった他、無添加等の表示から曖昧さを無くするため「食品添加物の不使用表示に関するガイドライン」が令和4年3月に策定される等、食品表示を巡る情勢は変化の多いものとなっている。事業者・販売者は定められた必要事項を食品に表示しなくてはならないとともに、景品表示法による不当な表示規制にも従う必要がある。事業者・販売者は自らの食品表示の信頼を高めるために、優位性の根拠についても正しく理解していることが期待される。表示制度ともに機能性成分等の食品含有成分についても学ぶ姿勢が価値を創造して行く上で求められているといえる。

### 1.3. 連携支援計画とここまでの取組み

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平成29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。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「食のみやこ鳥取づくり連携支援計画」を策定し、令和元年12月に承認を得、支援を開始している。令和2年度は環境大学内の複数の教員が計画に参加する体制を構築し、大豆・エリンギ・えごま・ラッキョウについて取り組んだ。今年度令和3年度は計画に基づく支援件数目標を3件として実績を積み重ねる。

## 1. 4. 化学分析による栄養・機能性成分の総合的評価

食品のブランド化、差別化において生活習慣病等の疾患の発症リスクを低減するといったはたらきを持つものが注目されている。平成3年に国が審査を行う特定保健用食品の制度が始まった他、平成27年には事業者自身が一定のルールに基づいて商品の機能性を表示できる機能性表示食品の制度も始まり、多くの特定保健用食品や機能性表示食品が開発され、市場に並んでいる。これらの中には血圧を正常に保つことを助ける、骨粗鬆症のリスクを低減するといった機能が明確な物の他にも、すっきりを応援、うっかりを解消、といった機能が不明瞭なものも散見される現状である。そのため、信用できないと考える消費者もあり、前提となるべき科学的根拠を重要性は増しているといえる。食品に含まれる成分の数は膨大であるために、その全てを知ることは極めて困難である。全ての成分を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に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プロテオミクスやメタボロミクスといった手法がすでに確立されつつある。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特長がある。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。質量分析データは素性の明確な良質のデータであり、新しい解析技術との相性が良い面がある。高度化した解析手法も用いて食品に含まれる栄養・機能性成分の総合的評価の実績を作る。

## 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ExionLC ADと質量分析計X500R（以下LC/MS）を用いた。液体クロマトグラフィーのカラムはGLサイエンスのInertSustain AQ-C18 HP、ワイエムシイのTriart C18および、昭和電工のHILICpak VG-50 2Dを用いた。AQ-C18 HPと Triart C18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（ESI）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。断片の質量も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、弱い結合から切断されることから、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。取得した質量分析データをサイエックスのソフトウェアSCIEX OS及び理化学研究所のTsugawaraら（2015）が開発したMS-DIALにより解析した。

## 2.2. 試薬と器材

昨年度の研究でえごまに含まれていると推定されたロスマリン酸はCayman Chemical Companyから、ロスマリニルグルコシドはChemFacesから購入した。カフェ酸はナカライテスク、アピゲニン は LKT Laboratories、ルテオリンはSantaCurz Biotechnologiesから購入した。メタノール、エタノールは関東化学のLC/MSグレード、または残留農薬分析グレードのものを購入した。アセトニトリルは LC/MS グレードのものを林純薬工業より購入した。実験に用いた水はエルガの超純水製造装置 PURELAB flex3 により製造したものをを用いた。

えごま等硬い食材の粉碎にはフリッチュ・ジャパンより購入したミニミルP-23を用いた。その他の食材の粉碎にはロボクーブ製R-3Dを用いた。その際、福島DI 工業製のドライアイス製造機雪うさぎにより製造したスノー状ドライアイスを用い粉碎した。遠心分離機はhimac製CR22Nを用いた。

## 2.3. えごまの取組

えごま（荳胡麻）はシソ科の1年草である。シソ科シソには多くの品種があり、アオジソ、アカジソが代表的な栽培品種である。互いに容易に交雑が起こる。えごま種子油は $\alpha$ -リノレン酸を60%以上、リノール酸を15%程度含む。脂肪酸のアルキル基に二重結合があるものを不飽和脂肪酸といい、 $\alpha$ -リノレン酸、リノール酸ともに必須脂肪酸である。アルキル鎖の末端から3番目の炭素原子に二重結合があるものをn-3系脂肪酸（あるいは $\omega$ -3）という。リノール酸はn-6系脂肪酸である。リノール酸は植物油に多く含まれるが、このn-6/n-3比率が低いほど発ガン性を抑えるとされる（Okuyamaら1997）。シソ科植物には抗酸化物質が多く含まれるとされ、Tadaraはアオチリメンシソに含まれる9種類の抗酸化物質を報告している。種子の搾油残渣に含まれる抗酸化物質の探索も行われており、Yamamotoら（1998）の報告によると、脱脂種子に含まれる抗酸化物質としてルテオリン、クリソエリオール、ロスマリン酸、ロスマリン酸メチルが報告されている。えごまからのロスマリン酸類の抽出法はLeeら（2006）の方法を参考にした。5件の生産者のえごま種子を0.5g量り取り、株式会社ニッピ製バイオマッシャー spを用いて粉碎した。10mLの試験管にうつし、ヘキサン5 mLを加え、30分間800rpmで振とうし脱脂した。ヘキサンをパスツールピペットで除去し、残ったヘキサンも窒素ガスを流すことで揮発させた。乾燥した試料に50%エタノール水溶液5 mLを加え、再度30分間800rpmで振とうした。この抽出液を50%エタノール水溶液で100倍、1000倍に希釈し定量分析した。また、品種の違いおよび加工の影響を調べるため、焙煎えごま、農業試験場より提供された品種について粉碎方法をミニミルP-23に変え、抽出回数の影響を調べた。また、搾油残渣についても含有濃度を調べた。

## 2.4. 食用花の取組

ノースポール、ベゴニア、マリゴールドについて検討した。マリゴールド、ベゴニアはそれぞれ黄・橙に赤・白に分別した。マリゴールドは花びらのみとし $-30^{\circ}\text{C}$ で凍結した。スノー状ドライアイスを加え、ロボクーブで粉碎した。粉碎した試料を10mL試験管に0.5g取り、水あるいはメタノールを5 mL加え20分間超音波抽出した。超音波照射後の抽出液は濁っており、着色もしていたが、 $0.2\mu\text{m}$ のフィルターでろ過したところ、マリゴールドの着色は濃い橙、黄から明るい黄色のみになった。そのため、マリゴールドについては改めて、アセトン：ヘキサン：エタノール（1:2:1）混合溶媒5 mLを用いて超音波抽出した。その抽出液は濃い橙、黄であった。これらの抽出液を水あるいはメタノールで100倍に希釈したものを機器分析に供した。



## 2.5. 柿の取組

アジア原産の柿はカキノキ科に属し、世界の生産量の90%がアジアで生産されている。果実あるいは酢等の加工品といった食用の他、伝統的に咳止め・高血圧・麻痺・火傷・止血等の医療用途でも用いられてきた。1000品種がその渋味によって分類され、それらの多くはタンニンを豊富に含む渋柿に属する。一方で、消費者に好まれるのはタンニンの少ない品種である。八頭町で栽培が盛んな花御所柿はタンニンを蓄積しない変異種として生まれた御所柿が八頭町花地区に伝わり開発された品種とされている。また、県東・中部では渋柿品種である中国地方特有の西条柿の栽培も盛んである。

対象とした柿の品種は、花御所柿と西条柿である。花御所柿、西条柿は八頭町で生産されたものとそれぞれ鳥取県内で購入したものを比較対象とした。それぞれ、八頭町産花御所をP1、その対象品をP2、また、西条柿は渋柿であるため、渋抜きされたもの、そのままのものをそれぞれ調査し、八頭町のもので渋有りをP3、渋抜きをP4、対象品をP5、P6とした。各2-3個について賽の目に切り、スノー状ドライアイスを加え、ロボクープを用いて粉碎した。粉碎した試料約1gについて水、あるいはメタノールを10mLを加え、20分間超音波抽出した。0.2 $\mu$ mのメンブレンフィルターでろ過し、メタノールで100倍に希釈したものについてLC/MSにより測定した。

## 2.6. トマトの取組

トマトは令和3年に策定された第2次八頭町農業ビジョンにおける重点取組対象とされている。令和2年には生鮮食品としてのトマトで機能性表示を行ったものも現れ、カゴメ株式会社等大手の食品メーカーも高リコペン、高GABA ( $\gamma$ -アミノ酪酸)含有量のトマトの商品化を行っている。分析の対象としたトマトは有機資材を投入する農法で生産されたミディトマト (T1)、ミニトマト二種 (T2、T3)、比較対象として宮崎県産 (T4)、広島県産 (T5) とした。抽出はT1、T5は3個、T2、T3、T4は6、7個を細断し、柿と同様に粉碎した。同じく1gをとり、水あるいはメタノールを10mLを加え、超音波抽出した。これを0.2 $\mu$ mのメンブレンフィルターでろ過し、メタノールで100倍に希釈したものについてLC/MSにより測定した。

## 2.7. 米の取組

米は八頭町で有機資材を投入する農法が生産したコシヒカリを対象とした。天日干し (R1)にしたものと機械乾燥 (R2)を用いたものについてそれぞれ無洗米レベルの精米を行った。ミニミルP-23を用い、粉碎した米粉2gに水4mLを加え15分間放置した。これにアセトニトリル10mLを加え、IKAのホモジナイザー T10を用いてホモジナイズした。高速遠心機を用い、上清をメスフラスコに移し、残渣を再度10mLのアセトニトリルとホモジナイズした。遠心後の上清採取し、初めのものとあわせ20mLとした。これを0.2 $\mu$ mのメンブレンフィルターでろ過し、メタノールで100倍に希釈したものについてLC/MSにより測定した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1. えごまの検討結果

##### 3.1.1. 含有成分の検証

昨年度の取組みの中でえごま種子に含まれると推定されたロスマリン酸等について、購入した標準試薬との間でデータを比較した。図1に示すように、えごま試料から得られたデータは標準試薬のものとよく一致しており、各成分は特定されたとと言える。ただし、ロスマリン酸にグルコースが結合した配糖体に関して、えごま試料と標準試薬では断片化の挙動が異なっていた。ロスマリン酸は図2に示す構造であり、負イオンモードでの断片化では9'位の炭素原子と8、9'の間の酸素原子の結合が最も切断しやすい。購入したロスマリルグルコシドは4位にグルコースが結合したものであり、断片化に関してもこの切断に対応する $C_{15}H_{19}O_{10}$ の断片のイオンが検出されていた。一方で、えごま試料から見られた断片には $C_{15}H_{15}O_8$ があり、3'位あるいは4'位にグルコースが結合していると考えられた。3'位に結合したサルビアフラシドはえごま種子に含まれることがHaらによって報告されている。今回検討したえごま試料に含まれるロスマリン酸の配糖体は3'位あるいは4'位にグルコースが結合したものが両方含まれていると考えられた。

##### 3.1.2. 抽出条件の検討

各えごま試料をP-23で粉碎し、エタノール水溶液で抽出する際のからの抽出回数によるロスマリン酸量の比較結果を図3に示す。3回目の抽出試料からは1回目の抽出試料と比較して2%程度のシグナルしか検出されおらず、抽出回数は3回で十分であると考えられた。一方で、P-23を用いなかった搾油残渣を用いた検討では、3回目の抽出でも1回目の15%程度のシグナルが見られた。搾油残渣は粉碎が十分ではなく、不均質であるため抽出効率が悪く3回でも抽出が完全ではないと考えられた。

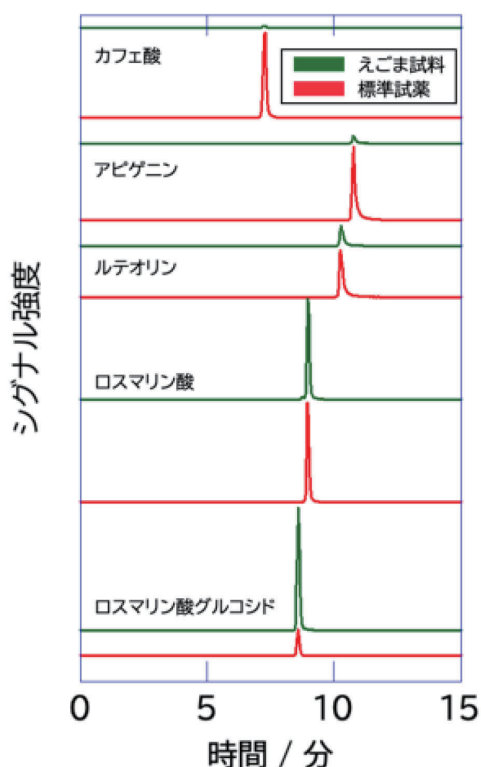


図1 えごま試料と標準試薬でのデータの比較

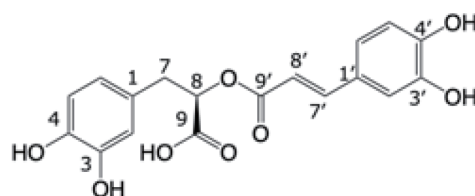


図2 ロスマリン酸の構造式

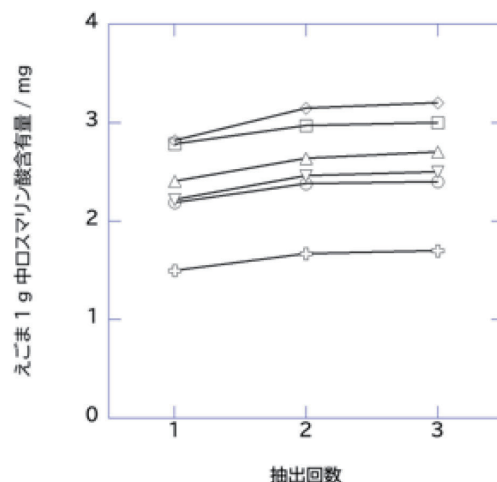


図3 抽出回数で積算したロスマリン酸量

### 3.1.3. えごま試料間の比較

えごま試料の含有量を表1に示す。加工品や焙煎の120℃程度の加熱では、ロスマリン酸等のポリフェノール類は減少しないと考えられた。また、搾油残渣からも検出されており、残渣を廃棄物としてではなく有用な物として活用できる可能性がある。Liuらはシソの葉、茎、実についてロスマリン酸の含有量を調べている。産地や個体差はあるものの、茎で1kgあたり1.2-3.1g、葉で0.9-15g、実で1.0-3.5gと報告している。平均して最も多く含まれるのは葉であるとしている。含有量は報告例と遜色ないものと言える。

表1 えごま試料1g中の含有量 (mg)

	加工品	品種 A	品種 A 焙煎品	品種 B	品種 C
カフェ酸	0.005	0.010	0.008	0.008	0.016
アピゲニン	0.087	0.026	0.14	0.038	0.15
ルテオリン	0.43	0.11	0.72	0.15	0.38
ロスマリン酸	1.7	2.8	2.5	2.7	3.2
ロスマリン酸 グルコシド	1.9	4.1	2.9	4.0	4.2
	品種 D	品種 E	品種 A 搾油残渣	品種 A 焙煎品搾油残渣	
カフェ酸	0.014	0.012	0.056	0.017	
アピゲニン	0.021	0.044	0.26	0.28	
ルテオリン	0.11	0.13	1.4	1.5	
ロスマリン酸	3.0	2.4	3.7	3.2	
ロスマリン酸 グルコシド	3.7	2.9	4.3	4.4	

## 3.2. 食用花の検討結果

### 3.2.1. ノースポールの検討結果

ノースポールに特徴的に見られたシグナルの質量には、133.0190、191.026、191.057があり、これらは $C_4H_5O_5$ 、 $C_6H_7O_7$ 、 $C_7H_{11}O_6$ に相当した。断片の質量から、分子構造を推定すると、それぞれリンゴ酸、クエン酸、キナ酸のものと推定された。いくつかのシグナルにおいて断片が191.057のものがあり、これらは分子内にキナ酸様の構造を持つことが考えられた。他の断片の解析から、このうち353.088、515.142はクロロゲン酸類と呼ばれるキナ酸とヒドロキシ桂皮酸類からなるエステルと考えられた。クロロゲン酸はコーヒーに豊富に含まれる抗酸化物質ポリフェノールのひとつの化合物群として知られている。ヒドロキシ桂皮酸類は植物に広く含まれ、クマル酸、カフェ酸、フェルラ酸が代表的なヒドロキシ桂皮酸類である。ノースポールにはアピゲニンを基本骨格とする配糖体が多く見られ、アピゲニングルコシド、アピゲニンアセチルグルコシド、アピゲニンマロニルグルコシド、アピゲニンジグルコシド、アピゲニングルクロニドが推定された。

### 3.2.2. ベゴニアの検討結果

ベゴニアに特徴的に見られたシグナルの質量には、89.020、133.0142、191.020があり、これらは $C_3H_5O_3$ 、 $C_4H_5O_5$ 、 $C_6H_7O_7$ に相当し、それぞれ乳酸、リンゴ酸、クエン酸のものと推定された。酸味はこれらの有機酸から来ている可能性がある。フラボノイド類は、カンフェロール、シアニジン、ケルセチン、デルフィニジンを基本骨格とするものが含まれていると考えられた。なお、カンフェロールとシアニジン、ケルセチンとデルフィニジンは同一質量である。基本骨格に、グルコース、ルチノース、サンビオース等の糖が結合しているものが多数見られた。その代表例がケルセチンにルチノース

が結合したルチンであると考えられた。シアニジン、デルフィニジンの基本骨格とするものは一般にアントシアニンと呼ばれ、主要な水溶性植物色素である。アントシアニンは赤のベゴニアのみに含まれるフラボノイドと考えられ、白と赤で赤のみに検出されたものがそれにあたる。579.134という質量のシグナルは赤のベゴニアのみに検出された成分があり、シアニジンサンビオシドと考えられた。その他、赤のベゴニアのみに検出されたものとして、シアニジンキシロシルルチノシド、シアニジングルコシルルチノシドと考えられる成分があった。花の色合いはこれらの色素成分の組成によって決まると考えられている。

### 3.2.3. マリゴールドの検討結果

メタノールや水で抽出した抽出液からトリゴネリンやエラグ酸と推定される成分が見られた。ヘキサン・アセトン・エタノール混合溶媒から見られた成分からは $\alpha$ -トコフェロールとその関連物質が見られた。トコフェロールはいわゆるビタミンEとして知られる。マリゴールドにはルテインが含まれていることが知られている。ただ、ルテインにはアシル基が結合し高分子の疎水性化合物となっている。今回の検討ではX500を主に親水性化合物を感度良く検出できる動作モードで用いたため、ルテインを検出できなかった。

### 3.3. 柿の検討結果

花御所柿と西条柿では高質量側の成分により顕著な差が出ているように見られた。小さな分子のものの試料間の差は比較的小さかった。柿に含まれるタンニンはカテキン類を基本構造とし、それらが複数結合したものである。分子量数千かつ構造も複雑であり、品種によって違っている可能性があるが、現時点では違いが見られた成分の特定はできていない。一方で小さな分子側は差が顕著に見られたものは限られていた。中では図4aに示すように、GABAのシグナルが花御所柿では強く出ており、西条柿においても対象品より八頭町産のものが強く出ている。その他ではクエン酸のシグナルは八頭町産より対象品が大きかった。酸味に差が出ている可能性もある。花御所柿ではパルミトレイン酸、リノール酸、パルミチン酸、オレイン酸、エイコセン酸等の脂質が多めに見られた。ロイシンは花御所多め、八頭町産は対象品より多めといった傾向が見られたが総じて差は顕著とは言えないものが多かった。タンニン関連の物質では

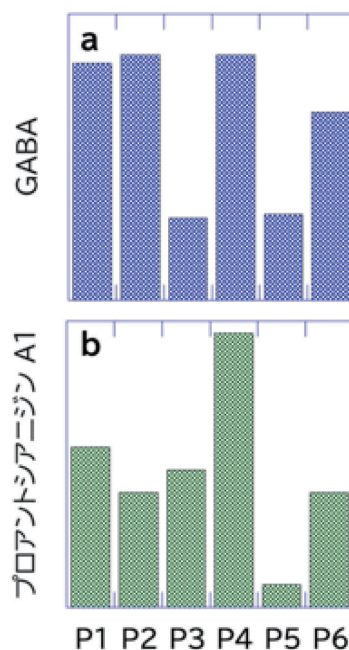


図4 柿検体間のシグナル強度の違い

きり検出されたものは少なかったが、カテキン類が二つ結合した二量体であるプロアントシアニンA1と見られる物質が検出されていた(図4b)。タンニン自体に様々な健康面での有用性が報告されている一方で、水に溶け高質量のものは渋味に直結し、食用とはならない。プロアントシアニンA1のような数個程度結合したものは食用が可能であり、機能性も期待できるものとされる。なお、渋抜き処理により水に溶けない形態となったタンニンは渋味を呈さないが、生体も利用できない。

### 3.4. トマトの検討結果

有機酸、アミノ酸、単糖・二糖等で検体間に顕著な傾向が見られた。糖類の一つひとつの特定はできていないが、ミディトマトは糖のシグナルが最も高く、甘味も強いものと推察された。有機酸は酸味を与える代表例であるクエン酸等の他にもキナ酸のように抗炎症作用が知られているもの、ポリフェノールの形態をとるクマル酸もある。キナ酸とクマル酸はシグナルがこの農法のトマトで強く現れていた。また、アミノ酸の中ではグルタミン酸やアスパラギン酸がうま味を呈するものとして知られている。この農法のミディトマトではうま味成分のシグナルが強く見られた。その他、タンパク質を構成するアミノ酸以外にも、GABAや複数のアミノ酸が結合したペプチドであるグルタチオンも見られた。他に、特徴的なものとしてはナリンゲニンと考えられるシグナルが見られた。ナリンゲニンには同じ質量でナリンゲニカルコンという成分がある。今回の測定では図5に示すように二つシグナルが見られており、両方検出されていると考えられたが、現時点ではどちらがどちらなのかは分かっていないが、この農法のトマトのシグナルは大きく見られた。ナリンゲニカルコンもポリフェノールの一種であり、抗酸化作用の他、アレルギー症状の緩和等の期待されている。ただ、有用な成分だけが強いシグナルで出ているわけではなく、アルカロイドの一種である一連のトマチンのシグナルが多く見られるといった傾向があった。トマチンは未成熟なトマトに見られる成分でジャガイモのソラニン等に似ており多く接種すると中毒用症状を引き起こすものである。

### 3.5. 米の検討結果

検出されたシグナルは、二つの検体で全体的にシグナル強度がほぼ同等であった。中でももっともシグナル強度の強かったものは質量520.3394に相当するものはリン脂質の一つであるリゾフォスファチジルコリン (18:2) と考えられた (以下LPC18:2)。LPC はリン脂質の一つであり、リン脂質は植物・動物双方の細胞膜の主要な成分である。卵黄に多く含まれる成分にレシチンがあるが、レシチンとはリン脂質の主要成分であるフォスファチジルコリン

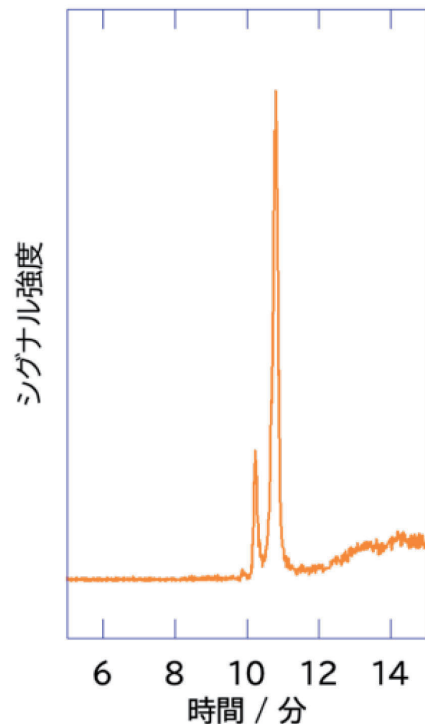


図5 T1試料から見られたナリンゲニンと見られるシグナル

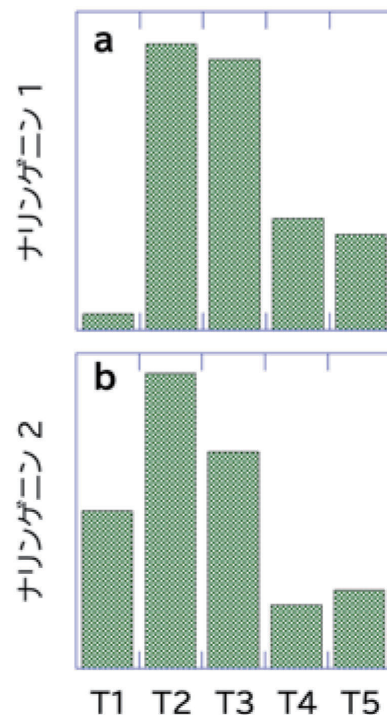


図6 トマト検体間のシグナル強度の違い

ン (PC) の通称である。リン脂質にはその他、フォスファチジルイノシトール (PI)、フォスファチジルエタノールアミン (PE)、フォスファチジン酸 (PA) がある。精製されたリン脂質は乳化剤としても用いられ健康食品、医薬品、化粧品での用途がある。米、トウモロコシ、小麦等の穀物種子のデンプン粒では、LPC等の脂質がデンプンと複合体を形成している。試料中ではLPC (18:2) の同様な構造のものとしてLPC (16:0)、LPC (18:1) 等が強いシグナルで見られた。検体中ではリゾフォスファチジルエタノールアミン (LPE) や脂肪であるモノアシルグリセロール (MG) も見られたが感度は強くはなかった。ただしPCに比べるとこれらは今回持ちいたESI法では測定感度が低い。遊離の脂肪酸の中では、18:2に相当するリノール酸が最も強いシグナルで見られた。ここまで示したLPC、LPE、MG、遊離脂肪酸等のことを鹸化可能な脂質というのに対して、脂質には鹸化できない脂質もある。米粒の重量の8-11%を占める米ぬかは油分に富み 16-22%が脂質であるとされる。粗米ぬか油の90-96%は鹸化可能な脂質であり、残りの3-5%が鹸化できない脂質、ステロール類やビタミンE群のトコフェロール類である。

トコトリエノールはビタミンE群に属し、天然には $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ の4種類がある。米ぬか油では、ビタミンEを含む他の植物性油脂に比較して、トコトリエノールの量が豊富であることが知られている。ビタミンE群は疎水性が高く、本来ESI法で測定するものではない。 $\beta$ と $\gamma$ は質量が同じであり、質量分析では区別できないが、相当する質量411.3269にシグナルが見られた。

#### 4. まとめ

本研究は、地域の食材の有用成分を価値向上に繋げるため、有用成分の予備的探索、探索した成分についての量的評価法の確立、確立した手法を用いての産地・品種・加工方法による評価という段階で進めている。今年度はえごまについてロスマリン酸等ポリフェノール類の量的評価法を確立し、品種間、加工による違いを調査した。鳥取県産のえごまにはロスマリン酸が豊富に含まれ、焙煎等の加工では減少しないことを示すことができた。また、搾油後の残渣についてロスマリン酸量を調べ、失われていないことがわかった。残渣はこれまで廃棄されてきたが、有用成分が豊富であるため別途活用することが期待される。また、食用花、柿、トマト、米について予備的な探索を行った。ノースポールやベゴニアでは多様なフラボノイドが含まれていると考えられた。柿ではカテキンの関連化合物であるプロアントシアニジン、トマトではナリンゲニン等興味深い成分が含まれていると考えられた。米やマリゴールドでは疎水性の高い成分が多いと考えられたが、ビタミンE関連化合物等は本来ESI法により測るものではないため、今後疎水性化合物の検出についても、予備的な検討でカバーできるようにすることが望まれる。

---

## 参考文献

- [1] Lee, J. H., Kang, N. S., Ha, T. J., Ko, J. M., Han, W. Y., Suh, D. Y., Park, K. H., Baek, I. Y.: Antioxidant Activities and Determination of Phenolic Acids from Leaves of *Perilla frutescens*. *Agric Chem Biotechnol*, 49: 11–15, 2006.
- [2] Liu, J., Wan, Y., Zhao, Z., Chen, H.: Determination of the content of rosmarinic acid by HPLC and analytical comparison of volatile constituents by GC-MS in different parts of *Perilla frutescens* (L.) Britt. *Chem Cent J*, 7: 61, 2013.
- [3] Okuyama, H., Kobayashi, T., Watanabe, S.: *Carcinogenesis and Metastasis Are Affected by Dietary n-6/n-3 Fatty Acids*. *Food Factors for Cancer Prevention*, Springer Japan, 1997.
- [4] Tsugawa, H., Cajka, T., Kind, T., Ma, Y., Higgins, B., Ikeda, K., Kanazawa M., VanderGheynst, J., Fiehn, O., Arita, M.: MS-DIAL: data-independent MS/MS deconvolution for comprehensive metabolomics analysis, *Nat Methods*, 12: 523–526, 2015.
- [5] Yamamoto, H., Sakakibara, J., Nagatsu, A., Sekiya, K.: Inhibitors of Arachidonate Lipoxygenase from Defatted *Perilla* Seed, *J Agric Food Chem*, 46: 862–865, 1998.

# 有機質資材連用年数が水稲による窒素吸収量及び 水田土壌中の窒素含量に与える影響

環境学部環境学科 角野 貴信・外村 翔吾

## 1. 緒言

### 1.1. 有機質資材を用いた農業

日本は、恵まれた自然環境の下、伝統的に水稲作を発達させてきた。農業の近代化以前は、草木灰や刈敷など、周囲の里山生態系の資源を用いた循環型の農法により、土壌の肥沃度を維持してきた(寺内 2006)。しかしながら、1961年の農業基本法制定以降、生産性の向上を主な目的とする農業の近代化が推進され、土壌腐植含量の低下といった地力の減耗や、化学肥料の多投に伴う水質汚濁などの問題が発生した(日本有機農業研究会 1999)。つまり、戦後の人口増や高度経済成長は、負の側面として公害問題を発生させただけでなく、農業に大きな負荷を与えていたといえる。現在用いられている有機質資材には、主に牛糞堆肥や豚ふん堆肥、鶏糞堆肥といった家畜糞堆肥がある。これらは、上記の土壌腐植含量の低下抑制を目的としたものであるが、一方で過剰にならないよう調整する必要があり、土壌に最適な有機質資材投入量を明らかにする必要性が増々高まっている。

### 1.2. 鳥取における有機質資材の利用

牛糞堆肥をベースにした有機質資材を用いて水稲作を行っている鳥取県八頭町の水田について行われた先行研究(角野ら 2021)では、土壌中に有機質資材を投入することで地力窒素が増加していることが示された。有機質資材連用年数が1、5、15、20、40年の圃場における窒素含量はそれぞれ、0.280、0.309、0.297、0.309、0.378kgN/m<sup>2</sup>/15cmと連用年数に対応して高くなる傾向を示した。堆肥の連用による地力窒素や窒素供給量の増加により、植物体の収量における成長が期待できるが、水稲における早期の出穂は節間伸長により倒伏が起りやすくなる。また、水稲の後期における出穂は玄米に含まれる窒素の増加によって食味の低下につながる可能性がある(近藤ら 2018)。食味低下の指標として玄米タンパク質含量の高さがあり、玄米中の窒素含量と相関することが示されている。コシヒカ리는6.0%、山田錦は6.0~7.0%を玄米タンパク質含量の目標としており、この数値より高いもののほど食味の評価が劣る(山形県酒造適性米生産振興協議会 2008)。

土壌中の有機物は、一般に高温となる夏場に分解が促進されるため、窒素供給量が増加し、出穂期が窒素供給のピークにあたると多くの無機態窒素が穂に吸収されることになる。そこで、出穂期に窒素供給量が増加しないような管理を行うためにも、経時的に植物体中の窒素動態を追跡することが必要となるものの、これまで本地域においては調べられてこなかった。

### 1.3. 研究の目的

本研究では、鳥取県八頭郡八頭町の水田圃場において、有機質資材である堆肥の連用期間が水田土壌有機物含量に与える影響と、コメ(*Oryza sativa*)、特に粳米(コシヒカリ)と酒米(山田錦)の収量及び品質へ与える影響を調べる。特に、有機質資材の連用年数と植物体中への窒素の移行量から、水田生態系における窒素動態を明らかにすることを目的とする。



## 2. 試料と方法

### 2.1. 試料

鳥取県八頭郡八頭町に位置するA農場で栽培された、コシヒカリと山田錦の2品種の水稻において、堆肥の連用期間の異なるそれぞれ4つずつの水田圃場を研究対象とした。コシヒカリの連用期間は2、5、15、40年であり、山田錦の連用期間は1、6、10、30年であった。

植物体の採取は、生育期間中に3回（苗を植えてからの成長途中（①7月30日、②7月30日；①はコシヒカリ、②は山田錦の収穫日時を示す。以下同様）、成長の安定期（①9月10日、②9月10日）、収穫時（①9月22日、②10月8日）、圃場毎に5株ずつランダムに間隔を保ちながら採取した。また、収量とその構成要素は、収穫直前の各圃場から1m×1mの範囲を収穫し、玄米収量、植物バイオマス量などの測定を行った。収穫時に、株間と条間をそれぞれ3連で測定した。

土壌の採取は、収穫後、圃場毎に5地点において、深さ0～5cm、10～15cmから100mlの円筒試料を計10個採取した。また、各地点において表層土壌（0～10cm）を採取した。

### 2.2. 方法

各圃場から採取した植物体試料は約2週間室内で風乾させ、稲穂と稲わらに分けて風乾重を測定した。さらに、風乾した試料をミキサーで砕き、めのう乳鉢を用いて細かくし、70℃の乾燥器で絶乾させて水分含量を測定した。試料の絶乾後、全炭素・窒素計（住化分析センター、NC-TRINITY）を使って全炭素と全窒素含量を測定した。

収穫直前の各圃場から1m<sup>2</sup>の範囲で収穫した試料は、約1ヶ月間室内で風乾させ、全体の風乾重を測定し、脱穀した。脱穀後、各試料の全体重量を測定し、全体から約100gを取り出し、もみ摺り機を用いてもみ殻と玄米に分別した。もみ摺り後、もみ殻と玄米の重量を測定した。

玄米ともみ殻の水分含量を測定後、ミキサーとめのう乳鉢で細かく砕き、70℃の乾燥器で絶乾させた。試料の絶乾後、全炭素・窒素計（住化分析センター、NC-TRINITY）を使って全炭素と全窒素含量を測定した。玄米中の窒素含量からタンパク質含量への換算は、日本食品標準成分表（文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会 2021）から5.95を用いた。

各圃場から、採取した0～5cm、10～15cmの各円筒試料を105℃の乾燥機で約2週間絶乾させた。試料の絶乾後、仮比重を測定した。

採取した0～10cmのサンプルは、乾燥室にて風乾した。風乾後、乳鉢を用いて団粒を破碎したのち、2mmで篩別し、礫含量を測定した。その後、2mm以下の細土試料のみを適量取り、めのう乳鉢を用いてさらに細かく砕き、105℃の乾燥器で絶乾させた。絶乾後、全炭素・窒素計（住化分析センター、NC-TRINITY）を使って全炭素と全窒素含量を測定した。

Tukey法によるPost Hoc検定を伴う分散分析は、SYSTAT13（SPSS Inc.）により行った。

### 3. 結果

#### 3.1. 玄米収量および窒素、タンパク質含量

コシヒカリおよび山田錦の玄米収量と玄米中窒素含量を、それぞれ図1、図2に示す。コシヒカリの5年目の値は欠測値である。

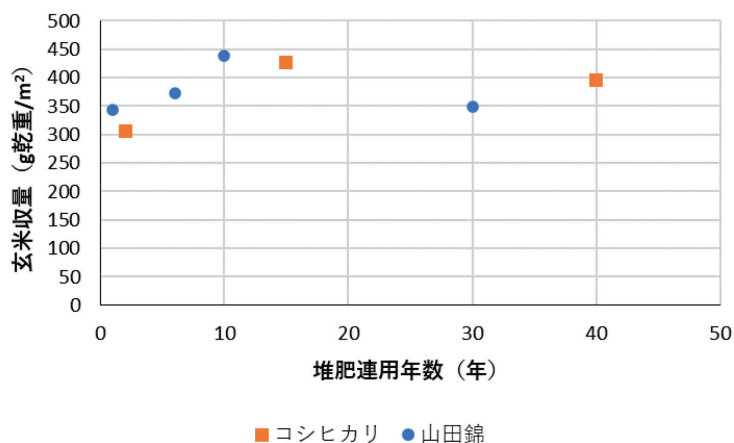


図1 玄米収量と連用年数の関係

図1より、堆肥連用期間が10～15年の値をピークに長期間になるほど、玄米の収量が低下する傾向にあることが分かった。ただし、もみ収量または玄米収量を堆肥連用年数に対して2次式での線形回帰を行ったところ、コシヒカリと山田錦の両方で有意な回帰式は得られなかった。

図2より、コシヒカリと山田錦における玄米中の窒素含量は、堆肥連用年数が長くなるにつれて減少する傾向であったものの、有意な関係式は得られなかった。

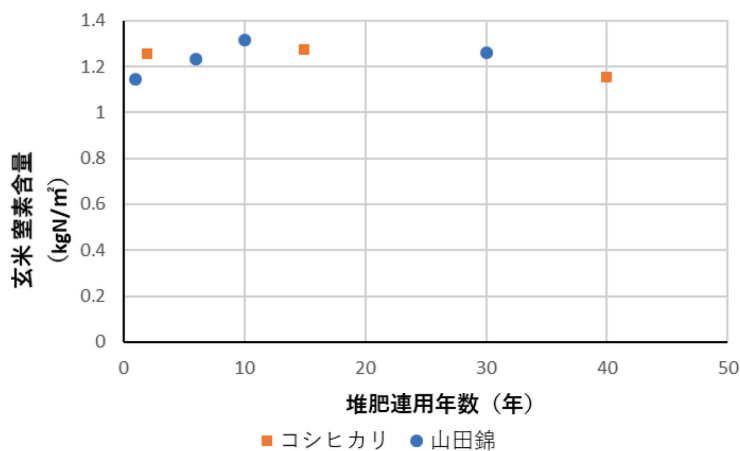


図2 玄米窒素含量と連用年数の関係

コシヒカリおよび山田錦における玄米中のタンパク質含量を表1に示す。

表1 玄米中タンパク質含量

品種	連用年数(年)	玄米タンパク質含量(%)
コシヒカリ	2	7.458
	5	—
	15	7.569
	40	6.863
山田錦	1	6.812
	6	7.341
	10	7.814
	30	7.503

表1より、コシヒカリでは、玄米タンパク質含量の目標値6.0%をすべての圃場で超えていた。一方、山田錦においても、玄米タンパク質含量の目標値6.0～7.0%に対し、1年目圃場以外は範囲を超過していた。

### 3.2. 土壌

コシヒカリ（2、5、15、40年）圃場における表層土壌（0-10cm）の炭素量（図3）と窒素量（図4）を以下に示す。また、山田錦（1、6、10、30年）圃場における表層土壌（0-10cm）の炭素量（図5）と窒素量（図6）を以下に示す。

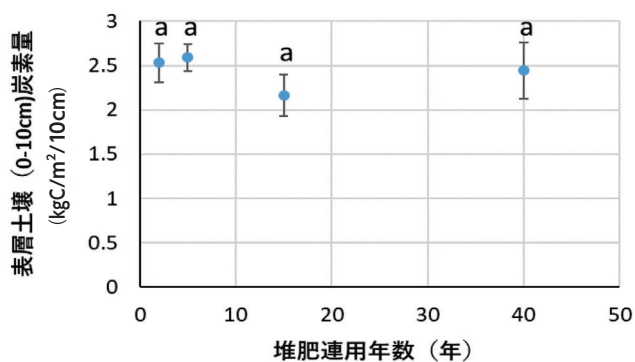


図3 コシヒカリ圃場の表層土壌（0-10cm）炭素量

同一の小文字は、異なる連用年数の処理区間に危険率5%で有意差がないことを示す。

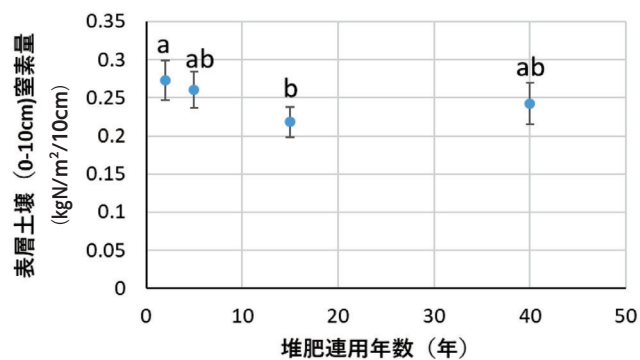


図4 コシヒカリ圃場の表層土壌 (0-10cm) 窒素量

同一の小文字は、異なる連用年数の処理区間に危険率 5%で有意差がないことを示す

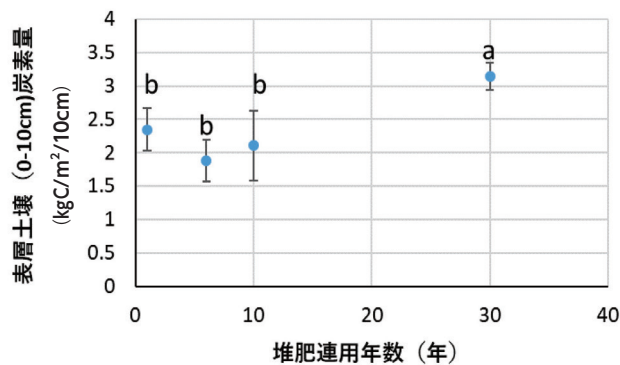


図5 山田錦圃場の表層土壌 (0-10cm) 炭素量

同一の小文字は、異なる連用年数の処理区間に危険率 5%で有意差がないことを示す

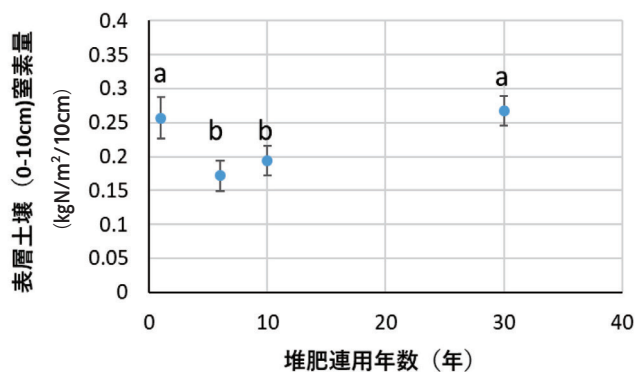


図6 山田錦圃場の表層土壌 (0-10cm) 窒素量

同一の小文字は、異なる連用年数の処理区間に危険率 5%で有意差がないことを示す

図3、図4から、コシヒカリ圃場については、表層土壌（0-10cm）における炭素量に有意差はみられなかったものの、連用開始後15年間に腐植中の窒素含量は減少する傾向がみられた。一方、図5、図6から山田錦圃場における表層土壌の窒素含量も連用初期に減少する傾向がみられたものの、30年間の連用期間を通してみると、長期的には増加していた。

## 4. 考察

### 4.1. 玄米収量および窒素、タンパク質含量

コシヒカリと山田錦はともに、有機質資材を長期間連用しても、生産性の継続的な向上は見込めなかった。ただし、玄米中の窒素含量は低下し続けるとすれば、今後長期連用圃場において、タンパク質含量が目標値に近づくと考えられるため、高品質（等級）のコシヒカリや山田錦の生産が可能になると考えられた。

### 4.2. 土壌

対象地としたA農場における聞き取りの結果、堆肥の年間投入量は1.5～2.0t/10aであり、年間窒素投入量は4.7～6.3gN/m<sup>2</sup>と推定された。本研究では、収穫前のもみ中の窒素量は、コシヒカリと山田錦でそれぞれ、平均5.2gN/m<sup>2</sup>、5.0gN/m<sup>2</sup>であり、堆肥による投入量と同程度の数値であった。そのため、一時的に土壌中の窒素量が下がってしまう圃場が出てきたと推察される。しかし、堆肥連用期間が長くなるにつれ、連用後期には窒素量が増えていることから、施用期間の長い水田は投入された堆肥が腐植化し、蓄積していると考えられる。一方で、施用開始から間もない水田で比較的高い窒素量が見られた。有機質資材を投入始める前の水田における化学肥料や有機質資材の残渣の影響と考えられる。今後は、徐々にではあるもののより難分解性の有機態窒素が多く蓄積することで、保肥力など地力が向上する可能性が示唆される。

## 引用文献

- [1] 角野貴信、外村翔吾、牛木のどか、栗栖哲、津村宏章（2021）「有機質資材の投入が酒造好適米の生産環境に与える影響」地域イノベーション研究 8 22-26.
- [2] 近藤始彦、岩澤紀生（2018）「水稻作における気候変動への土壌肥料的適応技術 2.」日本土壌肥料学雑誌 89巻6号 497-502.
- [3] 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編（2021）「日本食品標準成分表2020年版（八訂）」
- [4] 日本有機農業研究会編（1999）「有機農業ハンドブック－土づくりから食べ方まで」農山漁村文化協会
- [5] 寺内光宏（2006）「関東地方における伝統的畑作農耕システムの展開」農村研究 103号 61-76.
- [6] 山形県酒造適性米生産振興協議会（2008）「酒米栽培マニュアル」6-9.

# プロジェクト・ヘルシュによる鳥取県の農産物マーケティング支援 —食のみやこ鳥取づくり連携支援計画に基づく地域事業者との価値共創—

経営学部経営学科 竹内由佳

## 概要

本研究は、2019年度から続けている、筆者の研究である社会を変えていくことが可能なマーケティングに関する研究（竹内2019；竹内2020b）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）に関するものである。2019年夏から竹内ゼミナール3年生の行ってきた、社会を変えるマーケティング活動「プロジェクト・ヘルシュ」の第3期目の内容を報告していく。

## 1. 「社会を変える」マーケティング<sup>i</sup>

本研究では、今日の企業では頻繁に用いられている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を行い、社会的大義を訴求する（例：Cause-related Marketing<sup>ii</sup>）のではなく、マーケティングの考え方そのものを用いての構造や組織規範の変革にあるマーケティングを指す。それが「社会を変える」マーケティングであると考えられる。

竹内（2020b）では、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になる。それは、そもそものマーケティングそのものが、歴史的に成し遂げてきた役割を大切にすることこそが、社会的大義の訴求には良い影響を与えるということを示唆している。

この結論を実践に用いているのが、3年生の竹内ゼミナールの実践する「社会を変える」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）」である。

## 2. プロジェクト・ヘルシュ<sup>iii</sup>

### 2.1. 概要説明

ヘルシュは、竹内ゼミナール3年生が行う社会を変えるマーケティング活動として、2019年の夏よりスタートした。公立鳥取環境大学が抱える問題（地元における知名度の低さ、経営学部への積極的理由からの入学の少なさ）を解決すると同時に、シカの獣害問題（農作物・鉄道ダイヤへの被害の甚大さ、ジビエとしての利用が進まないこと）の解決を図り、それ自体によって、鳥取県自体の魅力作りへと繋げていく活動である。

元々はシカ肉をジビエとして、適切なターゲットに対して美味しく美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。また、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ており、竹内（2020b）で説明したような事業性を保ち、（何かしらの形で小さなことからでも構わないので）マーケティングにより社会を変えていくことに重点を置いている活動である。

## 2.2. 2020年プロジェクト・ヘルシュの活動について

2020年度の活動を第2期ヘルシュの活動とすると、そこで行われた活動は以下の表1の通りである。

### ①有限会社田中農場（以下、田中農場）との取り組み

→黒豆茶と味噌の販売促進支援（パッケージ変更やPR）。その両方の商品の販売促進のために、環境学部の山本先生の成分分析の結果をどのように「田中農場」というブランドの販売促進に用いていくのが課題。

<取り組み内容>

#### 味噌

- ・調理用の味噌という新しい立ち位置の提案。
- ・汎用性の高い肉味噌を作り、調味料としてではなく、総菜としての販売の提案。
- ・中食市場が伸びていることと、株式会社サンマートのお惣菜売り場を観察していた際の発見から、おやつにもお弁当の具材にも夕食にも用いることが可能な汎用性の高い芋もちに肉味噌を入れて売っていくことを提案。

#### 黒豆茶

- ・黒豆茶については、在宅ワークが増えており、そこでの安らぎの1つとしてノンカフェインの立ち位置の提案。
- ・ターゲットを20代から40代の女性として、黒豆茶のパッケージや形状の変更を提案。

### ②有限会社北村きのご園（以下、北村きのご園）との取り組み

→エリンギの販売促進支援（情報発信やPR方法の提案）。その際に、成分分析結果として現れたものをどのように販売促進に用いていくのが課題。

<取り組み内容>

- ・ホームページにおける情報発信のアイデアやブログというツールをどのように位置付けるかなどについての提案。
- ・大石他（2019）を参考に、エリンギについてどのように消費者は意識しているのかの調査のプレテストを行った。
- ・エリンギを意識していない消費者にエリンギの味や効能を知ってもらうための「エリンギと小松菜の蟹あんかけ」「帆立風エリンギのバター醤油焼き」「旨からトッポギ風エリンギ」の3つのレシピの開発。

表1 第2期ヘルシュの活動（筆者作成）

第2期ヘルシュの活動は、第1期の活動のような消費者市民まつりのようなイベントにおいてのシカ肉料理の販売とPRは現実的に行うことが不可能であることも決定していた。一方で、ヘルシュの活動の前後において、有限会社田中農場（以下、田中農場）と北村きのご園と繋がることが出来た。も

ともヘルシュの活動はシカの獣害問題をスタートとしていたものの、その社会的課題の根幹には農業も存在しており、その農業における困りごとの解決を図ることもヘルシュの活動の1つとして包括的にとらえる必要があったことも関係している。

田中農場は、鳥取県八頭町において稲作を中心に豆類や野菜類などの農産物を有機質肥料で栽培している。また、北村きのご園は、鳥取県八頭町において日常づかいの生鮮食品の1つであるきのこの栽培、販売を行っている。特にエリンギの栽培・販売に力を入れており、他の大手企業よりも先んじてエリンギの栽培に取り組んだ企業である。

この2つの企業において共通しているのは、企業の取り扱っている商品が農産物であることと、その生産において「こだわり」を持っているということである。しかしながら、長らく農産物においてはその「こだわり」を表に出し販売に至ることが難しかったとされる。端的に言えば、マーケティングの観点があまりなかったことが、第2期ヘルシュの活動の根幹にある課題であった。

### 2.3. 卒業生対象のインタビュー調査

昨年度と同様に、第2期ヘルシュに関わったゼミナールの学生9名は、2022年3月に卒業を迎えている。PBLに取り組んできた学生がどのような成長を迎えているのかについて調査するために、その9名について、2022年2月末から3月にかけて、インタビューを行った。インタビューは、事前に直接面談もしくはLINEにて申し入れを行い、インタビュー対象学生（以下学生）と共に、インタビュー日時、場所、インタビュー調査時間などを決定した。インタビュー場所については、昨年度と同様にTian & Belk (2005)を参考とし、主に研究室において行った。うち2名は、オンラインでのインタビューとなった。また、どの学生の場合も、インタビュー時間は1時間前後である。

PBL活動が学生の就職活動状況に好影響を与えたことを述べた研究として、軈(2016)がある。しかしながら、軈(2016)におけるPBL活動とは、大きなイベントの色が強いプロジェクトの実施であり、本研究において取り上げるヘルシュとは大きく活動の内容が異なっている。そのため、軈(2016)を参考としつつも、インタビュー内容は次のように決めた。①ヘルシュの活動を行ってきたどのように感じているか。②ヘルシュの活動の結果が自身の生活に何か影響しているところはあるのか。という2点は必ず含めて質問し、基本的には、こちらから誘導することは避け、対象者に自由に語ってもらう形態にした。さらに、昨年、学生のマーケティングに対する捉え方が筆者の考えていたものと大きく異なっていたことから、③どうしてこのゼミに入ってきたのか。④マーケティングを勉強してどのように感じたか。の2点を追加したうえで、インタビューを行った。

#### 2.3.1. ゼミ活動のキャリア形成への影響

ヘルシュの活動が、学生自身のキャリアへの影響があることは竹内(2021)において説明した。昨年度は、ゼミナール活動を通じて、学生たちが自主的に動き、提案することを経験したことで、より自分の夢を明確にすることが可能となり、独創的な飲食店や小売店を営む企業への就職を決めたという、言うならば、PBL活動の結果として大学が積極的に発信したい一面が垣間見られたと言える。しかし本年度は、PBL活動が、必ずしもそのような意図した結果に繋がるわけではないことを示す事例



を見つけることが出来た。

学生Aは、小学校時代から地域連携活動に積極的に参加していたという。大学でもそのような活動に興味があったため、竹内ゼミナールを選んだという。しかし、ゼミナール活動を通じて就職を決める際には、そのような地域活動やマーケティングには、ほとんど関係がない企業への就職を決めた。ゼミナールの活動に不満があるわけでもなく、辛かったわけでもないと言うが、就職を考える際には、そのようなことには手を出さないほうがよいと考えたとのことである。

「相手側のことも考えながら、マーケティングって考えるから、新鮮でした。マーケティングとか経営とか考えたことなかったから。」

「今は経営って難しいなって思ってるから、もう無理です。もうできないです簡単には。こんなところに何でカフェ作ったんだろう？とか、この街に作るなら何を作る？とかは友達とよく話したりします。だから起業とかは興味はあるんですけど、いざやるとなると…。」

Aは、元々はアクティブに活動を行っていた学生が、大学において経営やマーケティングの学習を進めることで、特にゼミナール活動で実践を学ぶことで、かえってその道から離れてしまったという事例であると解釈できる。しかしながら、これは大学での教育の成果がネガティブな結果を導いたというわけでは決してなく、学生自身が自分の将来を考える重要な機会としての役割を果たしたと言える。そこでも、昨年同様にマーケティングというものが意外なものとして学生にとって捉えられている点が特筆すべき点である。

### 2.3.2. 体験の場としてのゼミナール活動

学生Bは、鳥取県外の出身であり、自身の家業を継ぐことを将来の夢として、経営学部に進学を決めた。しかし、小学校から高校に至るまでの職業体験等で得られた経験だけでは、働くことや将来について明確にすることは難しいと言っている。

「(ゼミナール活動が) 楽しかったですよ。仕事の話も聞けたりして。そういう体験できなかった人たちからすれば、その話をしたら嬉しいものですよ。」

「職場体験しっかり、体験じゃないですけど、楽しかったです。魅力的ですね。それこそ、こういうコミュニティというよりは大学の肩書がないと、いろんな職場見れないじゃないですか。自分のやりたいこと一辺倒だと、そこに行けばおわりじゃないですか。だけど別の視点をくれるというか。で、少なくとも自分のやりたいことの延長線上じゃないですか。」

そういう意味では、触れていい場所だったり、実際にその制作・研究の過程がわかったので、すごくやりやすかった。こういう流れをくめば成功じゃないけど。プロセスとか諸々考えるベースがわからなかったから。体験しないと参考にもできないじゃないですか。」

B自身もゼミナールでの活動を通じて、家業をそのまま引き継ぐのではなく、就職活動をしてみようという気持ちになったという。その就職活動でもまた未知の体験に出会ったようで、結局、家業を継ぐことを決意したとのことだが、ゼミナール活動において、自分の将来とは直接関係はないかもしれない体験をすることが、学生にとっては、重要な役割を果たすと考えられる。

### 2.3.3. 高校と大学の違いとしてのゼミナール活動

第2期ヘルシュの学生たちの多くが、高校時代は、商業科や何かしらの専門科の高校に所属していた。そのため、ゼミナール活動で行っていたような企業と連携した活動や、学生の自主的な活動というものは体験しているのではないかと考えていたが、必ずしもそうと学生は捉えてはいなかった。

Cは、商業高校の出身で、その高校では地元の商店街の活性化を行っていたようである。

「多分商店街のやつ自体は廃れた商店街を活性化して行こうっていうやつなんですけど、このゼミでやってるのは実際に販売してる商品をどうしたら届けられるかって、目的が明確じゃないですか。可能性で言ったら、お店がない商店街を盛り上げようっていう目的だと、何をどうしてもどこにたどり着くかあまり明確じゃない。それが一時的なものになってしまう可能性もあるようなものなので、伸びじゃないですけど、どう変化したかがわかりにくいことなのかなって思います。何やってもいいんですけど、何やっても意味がないっていう取り組みだったんじゃないかなと思う。それが高校生がやってるってだけで話題性になるってことでやってると思う。」

ヘルシュの活動は、高校の活動と異なり、目的が明確なだけにその達成のために何をしなければならぬかを考えることも必要でありかつ、それを達成することが難しかったようである。

「(田中農場さんと) 打ち解けるための話し方も考えた。最初はPPTにバンって映してやってたんですけど、それじゃたぶん会話じゃなくて一方的に話すになっちゃって、意見貰えないなってなって。(～中略～) それだったらひとつのPC囲んで話しながらプレゼンするほうがいいってなったんで、試食会の時に発表の仕方を変えて、話も聞いたりして。すごい大事にされてる部分を引き出すために、どう会話をしたらいいかをすごく考えてやってたなって思う。」

Dは同じく商業高校の学生で、3年次には高校生活の総集編のような大きな販売イベントを行う高校に所属していた。

「勉強したことを使って自分たちで仕入れをして、売って、決算をして、利益を出してっていう。今までやってきたことをまとめてやりましょうって感じ。ゼミでやったことは、何仕入れるか、店舗どうしようかってのを考えるってところから。(～中略～) (デパートの物産展みたいな) そんな感じ。」

---

CとDのインタビューから、高校での活動はやはり教員がベースに立ち、そのベースがある上でのある程度の自主的な活動であると捉えることが出来る。自主的に考え、判断することが求められているものの、それは非常に部分的であると考えられる。これら3つのインタビューから得られた知見については、最後に取りまとめることとする。

## 2.4. 田中農場との取り組み

### 2.4.1. ヒアリング調査

味噌をサンマートにおいて、肉味噌に加工したうえで中食分野において販売を行っていくことを進める前に、味噌や食品の購買に関してのヒアリングを行った。このヒアリング結果をもとに、販売に際して、一つは、販売エリアのPOPや動画の方向性を決めていくこととなる。もう一つは、味噌そのもののパッケージやラベルに記す文言やイラストの方向性を決める際にも重要となる。

ヒアリングは、大学の職員8名を対象に分析までを学生が行っている。事前に2名～3名ずつ昼休憩に応接室に呼び、ファシリテーターのような形で学生が2名ほどその中に入り、グループ・インタビューを行った。グループ・インタビューのほうが、グループ・ダイナミクスが働き、思っていなかったような答えを得ることが可能だと考えられたからである。そこで得られた知見の中で、特筆すべきだったものが3つある。

#### (1) 「鳥取県内産」の安心

安全性への配慮に関して、外国産<国産<県内産の順で、安全性への配慮が高いと考えている傾向があった。その中でも、出身地などの愛着のある土地の商品を購入する傾向がある人がいることが解釈された。

「鳥取帰ってきて私、全てが新鮮と思った。」

「ねぎ、鳥取のやっぱり太いし、甘いから。それを知ってるから買うのかな私は、鳥取出身だから。」

このデータからは、特に鳥取の消費者は、その傾向が顕著なのではないかと考えられる。一般化できるかどうかについては定かではない。

#### (2) 子どものいる家庭では、惣菜を食卓に並べることに罪悪感がある。

「夫婦二人になったらそうしよう（惣菜だけでも構わないの意）って思ってるけど。子供のうちは特に（作る方が良いと感じる）。」

「まあ、作ってやりたいとかね、バランスとかも考えてしたいと思うから。」

一食をお弁当に置き換える行為は避けられる傾向にあるが、補助的な惣菜であれば購入されやすいと考えられる。

(3) 味噌においては無添加や県産などの機能面のPRでは購入に繋がらない。

「なんかいろいろ試したりとか、なんか岡山と鳥取の味噌が違って、岡山のほうがじっくりくるから岡山のを買い続けたことがあるけど、最近気にしなくなって、それこそ無添加だったらなんでもいいやに変わってる気がする。」

確かに、県産であることは田中農場の味噌の中では大きな差別化ポイントとなるが、そもそも味噌に関しては生産地を気にしないという独自の特徴が見られた。味噌は比較的値段が安価で良いものが多くあり、大手メーカーの商品が並んでいると捉えられる。メーカーの名前による安心感があり、商品の定番化が起きやすいため、新規参入が難しいといえる。

そうなる、機能面での良さよりも、「田中農場のここがいい！」というストーリーを創り上げて、その点をPRする戦略のほうが、より良い効果を導き出すのではないかと考えられる。

#### 2.4.2. 味噌を用いた中食の販売

2021年12月10日からの10日間で、サンマート湖山店において、肉味噌ではなく、田中農場の味噌を用いた2種類の味噌漬け焼き弁当を販売した。その際のPOP 2種類、および動画2種類については、2.4.1で説明した内容を反映させている。

### 2.5. 北村きこの園との取り組み

#### 2.5.1. アンケート調査と今後の方向性

第2期ヘルシュの活動では、33名のプレテストで終了していたアンケート調査を300名（うち、学生100名）に対して行った。これは学生が行い、因子分析とクラスター分析までを担当している。

調査の結果、きのこやエリンギを好む層は、男女比でいえば女性であった。また、逆にきのこやエリンギを嫌う層は、比較的若い年齢層に多くみられた。さらに、そもそもきのこやエリンギ自体に興味を感じていない層は、きのこを嫌う層と同等の10～20代に多いと考えられる。この結果を反映し、今後の戦略を決めていきたい。

#### 2.5.2. 動画作成

北村きこの園のHP上で公開するレシピ動画を昨年より構想しており、完成した。動画はレシピ動画である。昨年度完成させたレシピ3つについて、レシピに従って手順をテロップで表示しながら、料理している手元と材料や調理器具をアップで映していく。近年の消費者の傾向として、料理なども含め、紙媒体よりも動画でわかりやすくなっているものが好まれる。特に、料理の初心者については、「中火はどの程度か。」「賽の目切りとは何か。」と言ったレシピでわからないことがある際に挫折してしまうと考えられており、株式会社エブリーの「DELISH KITCHIN」のような動画サービスが好評であるとされる。

しかしながら、今回の動画についてはレシピ動画としてだけでなく、2.5.1で説明したようなき

のこ・エリンギに興味を感じていない層である10～20代、しかもきのこやエリンギを好まないと推測される男性に好まれるような、副音声を用いた楽屋トークを装備した動画となっている。

### 3. 課題と展望

まず、田中農場と北村きのこ園の両件に関して、第3期の活動内容の具体的な振り返りと、その後の課題の発見、それに対する対応を提案することを試みる。通常のゼミ活動で地域課題に取り組むなどの場合、どうしても一度で終了となったり、その後の成果を追跡し、より良いものにするか停止すべきかを考えたりする機会には、あまり恵まれていないと考えられる。現在、まだ行えていない状況であるが、長期間にわたり事業性を追求することに重きを置いているヘルシュだからこそ、企業の方々にご迷惑をおかけすることは承知の上で、新しい提案と課題の発見をすることが必要である。さらに、田中農場に関しては、第3期の活動内では取り組めていない黒豆茶のパッケージ変更の提案に重きを置いて、第4期では進めていくことが考えられている。

そして、卒業生のインタビュー結果より、ゼミナール活動のあり方そのものが高校生へ向けてのPR材料となる可能性を秘めていることが推察される。確かに、本研究においては、昨年度と異なり、大学の意図している形ではないキャリア形成の姿を見ることになってしまったが、それが必ずしも大学に対してネガティブなものにはならないと考えられる。先述したが、学生が様々体験をして、その上で納得して将来の道を変えることができたならば、それは十分に大学が高等教育機関としての役割を果たしていることを意味している。また、知らないことを体験する場としてゼミナールが機能していることや、高校で行っていた活動とは違った観点からの「自主的な活動」としてのゼミナールのあり方そのものが、高校生・保護者に向けての強烈なPRになることが考えられる。これは他のゼミナール活動でも同様である。特に経営学部の活動は何を行っているかはわかりにくいとされており、その点をただ説明するのではなく、現役学生がゼミナール活動でどんなことをしているかを詳細に伝える場があれば、高校生・保護者のニーズに合致した大学のマーケティング戦略になると考えられる。

### 謝 辞

本年度のこの研究も、ゼミナールの学生18名の頑張りがなければ出来上がらなかった研究です。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。本当にありがとうございました。このような状況でも、できることはいっぱいあったんだなあと原稿を書いていて感じました。皆さんの潜在能力はまだまだ未知数ですね！

有限会社田中農場様、有限会社北村きのこ園様、株式会社サンマート様におかれましては、学生たちの活動や調査に対してご協力いただきましたこと、感謝の意を申し上げます。学生とともに大学教員としてというよりは、一社会人として学ばせていただくことがたくさんあったようにも感じられます。そして、これからもご指導ご鞭撻のほど、何卒よろしくお願い申し上げます。

最後に、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、その他の職員の皆様、学生共々昨年度に引き続き、本当にお世話になりました。長時間のインタビューや度々の試食に付き合ってください貴重なご意見を賜るなど、ありがとうございました。

- 
- i いわゆるソーシャル・マーケティングの詳細については2019年度の事業報告書である竹内（2020a）、竹内（2020b）にて詳しく説明しているため、ここでは簡略化している。
  - ii 森永製菓株式会社の「1チョコ for 1スマイル」が例として挙げられる。この活動については、「森永製菓株式会社 1チョコ for 1スマイル - あなたが食べると、もう一人がうれしい。」<https://www.morinaga.co.jp/1choco-1smile/>（2022年4月28日アクセス）を参考にさせていただきたい。
  - iii ヘルシュの活動のきっかけといった背景については、2019年度の事業報告書である竹内（2020a）、竹内（2020b）にて詳しく説明している。そちらを参考にさせていただきたい。
  - iv この点については、竹内（2021）において詳しく説明している。

## 参考文献

- [1] Tian, K. & Belk, R. W. "Extended Self and Possessions in the Workplace", *Journal of Consumer Research*, Vol.32, No.2, September, 2005, pp.297-310.
- [2] 大石卓史・福田泰久・白坂憲章「消費者の食用きのこに対する価値認識と人工栽培マツタケへの潜在的需要—アンケート調査を用いたセグメンテーションによる分析—」、日本きのこ学会誌、Vol.27（1）、2019年、13-20頁。
- [3] 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。
- [4] 竹内由佳「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—」、『地域イノベーション研究センター事業報告書』、Vol. 7、2020年a、pp.14-22。
- [5] 竹内由佳『社会を変えるマーケティング』、千倉書房、2020年b。
- [6] 竹内由佳「広がれ！！プロジェクト・ヘルシュ！！—食のみやこ鳥取づくり連携支援計画に基づく地域事業者支援の基盤構築—」、『地域イノベーション研究センター事業報告書』、Vol. 8、2021年、pp.12-21。
- [7] 梶大輔「近畿大学における地域密着型PBLの実施と評価—地域活性化事業「B級グルメグランプリ・ぐるぐら」の事例を元に—」、『商経学叢』、第63巻、第1号、2016年、pp.117-131。

# バックキャストイングにおけるビジョンの質と 創造性発揮の動機づけとの関係

経営学部経営学科 磯野 誠

## 1. はじめに

持続性研究において、バックキャストイングとは、望ましい未来像を描き、その未来像をいかにして実現するかの道筋を計画立てるために、未来から現在へと見通しをつけることと定義される (Quist & Vergragt 2006)。ここで望ましい未来像は、ビジョンと呼ばれ、そのビジョンとビジョン実現に至る道筋のセットは、シナリオと呼ばれる (Kishita et al. 2016)。持続可能な社会の実現を意図することは、望ましい未来を描くことに関わり、その道筋とは往々にして、現在の延長によってだけでは描き得ないであろうために、バックキャストイングは持続可能社会実現の計画に適切とされる (Vergragt & Quist 2011 ; Dreborg 1996)。そこで持続性研究においては、バックキャストイングという方法論についての理解と、その実践のあり方についての理解が進められてきた。バックキャストイングを用いることで、現在を起点として持続可能社会を実現しようとするときに求められるイノベーションが特定され得る (Dreborg 1996)。ただし、バックキャストイングを用いればいつもイノベーション創出が導かれるわけではなく、バックキャストイングにもより効果的な場合とそうでない場合とがあり得るであろう。特に、ビジョンの質、すなわち未来像の、導かれるイノベーション創出への影響についての知見は見当たらない。バックキャストイングは、持続性社会実現に伴う、技術的、文化的、社会的、制度的、組織的課題といった多岐にわたる課題解決のために、多様な関係者によって担われることが指摘される (Quist & Vergragt 2006)。多様な関係者によるイノベーション創出を考えることは、組織メンバーの心理を含む組織問題を考えることに他ならない。そこで本研究では、バックキャストイングにおけるビジョンの質と、それによって導かれ得るイノベーション創出の関係について、関係者の心理に注目して、検討したい。ここでその検討に際して援用する理論とは、心理学における動機づけに関する自己決定理論である。

人は、何らかによって動機づけられて行動を起こすが、その動機づけられる程度だけでなく、動機づけられ方によって、導かれる行動の質が異なることが指摘されてきた。Deciらが提示した自己決定理論とは、動機づけられ方と、導かれる行動の質の関係を扱うものである (Deci & Ryan 1980)。自己決定理論においては、動機づけられ方の異なりを説明する要因として、認知される因果律の所在 (perceived locus of causality) すなわち自律性の感覚の存在が仮定される (Deci & Ryan 1980)。より自律性が感じられて (他に影響されず自らの気持ちで) 動機づけられる時には自律的動機づけと呼ばれ、より自律性が感じられずに (自分以外の何かに影響されて) 動機づけられる時には管理的動機づけと呼ばれる (Deci & Ryan 1980)。特に人を動機づけるものの一つに、その人にとっての目標がある。自身の成長や他者との関係性のためなど、人生における上位の目標であれば、それは自律的に動機づけ、富や名声のためなど、人生における上位の目標でなければ、それは管理的に動機づける

(Deci & Ryan 2000)。自律的動機づけによって導かれた行動は、より持続し、より高い成果につながる一方、管理的動機づけによって導かれた行動は、より持続せず、より低い成果につながる (Deci & Ryan 1980)。

バックキャストイングにおけるビジョン、すなわち理想の未来像は、関係者組織が抱く目標として見ることができる。関係者は組織の目標に動機づけられて行動する。しかしビジョンと、関係者自身が抱く人生の目標とは、整合することもあれば整合しないこともあるだろう。一方、イノベーション創出には創造性が起因し (Ambile 1988 ; Finke et al. 1992)、創造性の発揮には、動機づけが重要な役割を果たす (Amabile 1996 ; Weisberg 1993)。ゆえに、ビジョンが関係者にとっての上位の目標と整合する時 (ビジョンに取り組むことが自らの成長につながる時など)、関係者の創造性発揮を自律的に動機づけ、ビジョンが関係者にとっての上位の目標とより整合しない時 (ビジョンに取り組むことが報酬や評判獲得のためである時など)、創造性発揮を管理的に動機づけることが考えられる。その上で創造性発揮が自律的に動機づけられたときには、管理的に動機づけられた時よりも、より効果的にイノベーション創出につながる事が考えられる。

そこで本研究では、持続可能社会実現のためのバックキャストイングを、関係者の動機づけを説明する自己決定理論によって捉える。そして、ビジョンの質 (特に関係者が抱く目標との整合性) と、イノベーション創出につながる、関係者による創造性発揮のための動機づけとの関係を検討する。

## 2. 先行研究レビュー

### 2.1. 持続可能社会実現のためのバックキャストイング

持続性研究において、バックキャストイングとは、望ましい未来像を描き、その未来像をいかにして実現するかの道筋を計画立てるために、未来から現在へと見通しをつけることと定義される (Quist & Vergragt 2006)。ここで望ましい未来像とは、ビジョンと呼ばれ、そのビジョンと、ビジョン実現に至る道筋のセットは、シナリオと呼ばれる (Kishita et al. 2016)。

持続可能な社会実現を意図することとは、望ましい未来を描くことに関わり、その道筋とは往々にして、現在の延長によってだけでは描き得ないために、バックキャストイングは持続可能社会実現の計画に適切とされる (Vergragt & Quist 2011 ; Dreborg 1996)。そこで持続性研究においては、バックキャストイングという方法論について (どのようなものか) の理解と、その実践のあり方について (どのように用いるべきか) の理解が進められてきた。

方法論としてのバックキャストイングについて、Robinson (1990) は、その進め方を提言した。すなわちバックキャストイングは、まず未来に達成すべき目標を設定し、目標達成に向けてのシナリオを作成すること、作成されたシナリオを環境的、社会的、経済的、政策的観点から評価すること、そして評価によって明らかになる各種の矛盾などが解消されるようにシナリオの修正を繰り返すことによって進められるべきとした。Dreborg (1996) によれば、バックキャストイングにおけるシナリオは、フォアキャストイングやシナリオ分析におけるそれと異なり、理想の未来のイメージであり、予測されるものではなく、アイデア創出により創造的に探索・発見されるべきものと説明される。Kishita et al. (2016) は、それまでの先行研究レビューをもとに、バックキャストイングの進め方を



より詳細に説明した。すなわちシナリオ作成は、①（シナリオ）アイデア創出、②（シナリオ）アイデア統合・シナリオ記述、③評価と修正、の3段階からなるプロセスであるとした。このKishita et al. (2016) によるシナリオ作成の考え方も、Dreborg (1996) と整合する。

このようなバックキャストイングを用いることの意義として、①ビジョンすなわち現在より相応に遠い未来に焦点を当てることで、飛躍的な変化すなわちイノベーションにつながるようなアイデアを得るための、創造性の発揮を促すことができる (Dreborg 1996)、②ビジョン実現に求められる投資戦略を構築することができる (Holmberg & Robert 2000)、③ビジョンすなわち理想の未来を設定することで、多様な関係者を惹きつけ、彼らの活動を統合することができる (Dreborg 1996; Holmberg & Robert 2000) ことが主張されてきた。

特に③に関して、バックキャストイングの実践は、(持続性研究の) 専門家によって主導される場合と、多様な知識分野を背景にした関係者を含めてなされる場合がある (Rotmans et al. 2000)。その中で、Quist & Vergragt (2006) は、関係者を含めてなされる方を支持し、参加型バックキャストイング、すなわち多様な関係者が参加し実行されるバックキャストイングの枠組みを提唱した。それは、持続可能社会の実現には、現在の生産・消費システムの根本的な見直しが必要であり、それは技術的な課題に留まらず、文化的、社会的、制度的、組織的な課題をも伴うことから、専門家のみならず多種多様な関係者が関わる必要があるからとする。この参加型バックキャストイングにおいて、ビジョンは社会的に構成される概念となり、シナリオ作成のプロセスは関係者による彼らの価値観の変化と行動の変容に繋がる学習となることが、その特徴として指摘された。

## 2.2. バックキャストイングの実践のあり方—ビジョン、シナリオ作成

バックキャストイングの実践はどうあるべきか、すなわちバックキャストイングを効果的なものとする要因とは何であろうか。バックキャストイングの実践の効果が明らかになるのはその性質上、計画してから数年以上先のことであり、実践の効果と、その実践の中にあるはずの要因を照らし合わせて検討することは容易ではない。その中でQuist et al. (2011)、古川・石田 (2013)、木下ら (2018) は、バックキャストイングがより効果的なものとなる時の要因について検討した。Quist et al. (2011) は、事例分析を通して、①関係者の深い関与、②関係者の多様な関与、③単一のビジョン、④明確なビジョンの提示、⑤制度的な安定、⑥ビジョンの主導者の存在、⑦フォロアップ活動への強い関与、⑧協働学習、の8点が、バックキャストイング実施後のビジョン実現に向けての取り組みの継続に繋がるであろうことを主張した。古川・石田 (2013) は、事例分析を通して、ビジョンを具体的に想像し描くことが、ビジョン実現のためのイノベーション機会の特定とその実現に繋がることを主張した。木下ら (2018) は、ロジックツリーを用いたシナリオ作成法の応用を取り上げ、事例分析によって、その結果となる関係者によるシナリオの実現性に対する自信を評価し、それが十分に高かったことを示した。

前節2.1. で見たように、バックキャストイングにおいて、ビジョンは、そのビジョン実現のためのイノベーションにつながるアイデア創出を促す。そしてビジョンを含めたシナリオの作成プロセスは、多様な関係者を惹きつけ、彼らを統合することができる。しかしながらバックキャストイング

を用いればいつもビジョン実現のためのイノベーション創出が導かれるわけではなく、バックキャストイングにもより効果的な場合とそうでない場合があり得るであろう。そこで本節で見た研究はいずれも、ビジョンの質、関係者による関与・協働が、バックキャストイング実践をより効果的なものとする要因であることを示唆する。しかしながらこれまでにそのビジョンの質と関係者による関与・協働に注目し、それとバックキャストイング実践の効果との関係を調べるものは見当たらない。

バックキャストイングにおけるビジョンの設定は、飛躍的な変化につながるようなアイデアを得るための、関係者の創造性の発揮の起因となる (Dreborg 1996)。開発者による創造性の発揮は、イノベーション実現の起因となる (Amabile 1988; Finke et al. 1992)。ビジョンの質がイノベーション機会の特定・実現に与える直接的な影響を理解することは望ましいものの、イノベーション機会の特定・実現の評価は、バックキャストイングの実践からある程度の時間が経ってからでなくてはならない。そこで、イノベーション機会の特定・実現に先行する、開発者の創造性発揮への動機づけ程度を取り上げ、それにビジョンの質が与える影響を検討することは意義があるものと考えられる。

### 2.3. 目標と動機づけ

バックキャストイングにおけるビジョンとは、関係者組織が抱く目標でもある。関係者は、組織の目標に動機づけられて行動する。ビジョンすなわち組織の目標がいかに関係者を動機づけるのかを考えるにあたっては、心理学分野において研究されてきた自己決定理論が参考になる。

人は、何らかんによって動機づけられて行動を起こすが、その動機づけられる程度だけでなく、動機づけられ方によって、導かれる行動の質が異なることが指摘されてきた。Deciらが提示した自己決定理論とは、動機づけられ方と、導かれる行動の質の関係を扱うものである (Deci & Ryan 1980)。自己決定理論においては、動機づけられ方の異なりを説明する要因として、認知される因果律の所在 (perceived locus of causality) すなわち自律性の感覚の存在が仮定される (Deci & Ryan 1980)。自らが純粹にしたいと思うような、より自律性の感覚を伴う動機づけは自律的動機づけ (autonomous motivation) と呼ばれ、内発的動機づけあるいはよく自分の内に統合化された外発的動機づけがそれにあたる。させられていると思うあるいはしなければならぬと思うような、より自律性の感覚を伴わず、管理された感覚を伴う動機づけは管理的動機づけ (controlled motivation) と呼ばれ、不十分に自分の内に取り込まれた外発的動機づけがそれにあたる (Deci & Ryan 1980)。自律的動機づけによって導かれた行動は、より持続し、より高い成果につながる一方、管理的動機づけによって導かれた行動は、より持続せず、より低い成果につながる (Deci & Ryan 1980)。

人を動機づけるものの一つに、その人にとっての目標がある。その人にとってそれ自体の達成が目標となるようなもの、例えば自己の成長や他者との関係性のためのような人生における上位の目標は、自律的に動機づける一方、その達成はまた別の目標の達成のためにあり、その別の目標達成の手段となるようなもの、例えば富や名声のためのような人生における上位の目標ではないものは、管理的に動機づける (Deci & Ryan 2000)。ここでは前者の目標を自律的目標と呼び、後者のような目標を管理的目標とよぶこととする。

これらのことを踏まえれば、次のように考えることができるであろう。すなわちバックキャストイ

ングにおいて、組織の目標となるビジョンが、関係者自身の人生にとってのより上位の目標と整合する時、例えばそれが関係者が自らの成長や他者との関係性のためにしたいと思うようなものである時、関係者にとってより自律性の感覚を伴う動機づけ、すなわち自律的動機づけとなる。一方、組織の目標となるビジョンが、関係者自身の人生にとってのより上位の目標と整合しない時、例えばそれが関係者にとってその組織のためにするのであり自らにとっては報酬や評価を得るためと思うようなものである時、関係者にとってより自律性の感覚を伴わない動機づけ、すなわち管理的動機づけとなる。

一方、本研究は、関係者の行動として、彼らの創造性発揮に焦点を当てる。創造性研究において、創造性発揮の要因の一つとして、動機の存在が指摘されてきた。Amabile (1996; 1983) は、創造性の要素構成モデルを提唱したが、それは創造性プロセスを駆動する要因として、タスク動機、分野関連スキル（開発対象分野の知識等）、および創造性関連スキル（拡散的思考等）を主張するものである。ここでタスク動機とは、Deci & Ryan (1985) に依拠して、自律的動機づけであると主張される。その自律的動機づけが創造性発揮に結びつくことは、Lubart & Sternberg (1995)、Andrews & Smith (1996) によって確認された。また、Deci & Ryan (1985) に依拠すれば、管理的動機づけは、自律的動機づけほどではないものの、ある程度、創造性発揮に結びつくことが想定される。

以上から、次のように仮説を設定する。バックキャストイングにおいて、

仮説1 ビジョンが、関係者にとっての上位の目標と整合する時、それはより、自律的動機づけとなる。上位の目標と整合しない時、それはより管理的動機づけとなる。

仮説2 ビジョンが、関係者の創造性発揮に対する、自律的動機づけとなる時、管理的動機づけとなる時よりもより、創造性発揮に結びつく。

仮説1と仮説2をあわせて、図1のような因果モデルで表される。

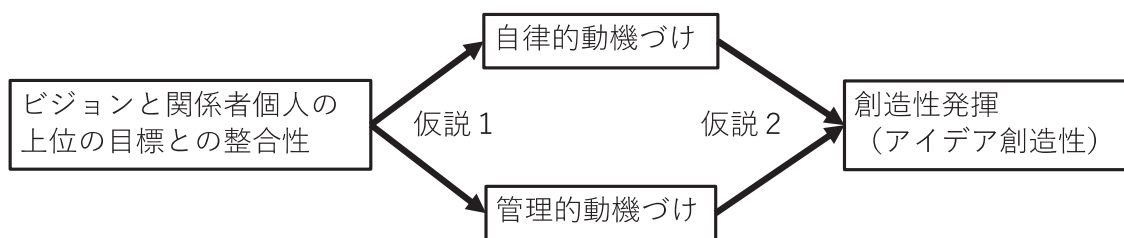


図1 ビジョンと関係者個人の目標との整合性と、動機づけ、創造性発揮についての因果モデル

### 3. おわりに

本稿は、バックキャストイングによってイノベーション創出が導かれる条件について、特にビジョンの質、関係者による関与、協働に注目し、先行研究レビューを行いその仮説を提示した。今後はこの仮説について、実験調査あるいは実務者を対象としたアンケート調査を行い、その妥当性を検討する予定である。

本研究からインプリケーションを導くためには、仮説の妥当性検討結果を待たなければならない。しかしもし妥当性が示されたならば、次のことが言えることになる。すなわちバックキャストイングにおいて、ビジョン実現を意図し、そのためのイノベーションを意図する時、ビジョンそのものがよく合理的で意義があることや、その実現可能性を確認するだけでは不十分であり、ビジョン実現に関わる関係者個人それぞれにとっての上位の目標が、ビジョンとどれだけ整合しているかの理解が求められるであろう。その上で、より多くの個人の目標がビジョンとより整合していることが望ましく、それがイノベーション実現の可能性につながることを考えられる。

また、関係者個人の目標がビジョンとは異なる場合、その個人の目標をビジョンとできるだけ近づける、あるいは個人がビジョンと近い目標を取り入れ自分のうちに統合化することを促すことが求められるであろう。そのために、各個人がビジョンの意義をより理解するように仕向けることが求められるであろう。

### 参考文献

- [1] Amabile, T. M.: A Model of Creativity and Innovation in Organizations, *Research in Organizational Behavior*, 10, 123-167, 1988.
- [2] Amabile, T. M.: *Creativity in Context*, Westview Press, 1996.
- [3] Andrews, J. and Smith, D. C.: In Search of the Marketing Imagination: Factors Affecting the Creativity of Marketing Programs for Mature Products, *Journal of Marketing Research*, 33, 174-187, 1996.
- [4] Deci, E. L. and Ryan, R. M.: The Empirical Exploration of Intrinsic Motivational Processes, *Advances in Experimental Social Psychology*, 13, 39-80, 1980.
- [5] Deci, E. L. and Ryan, R. M.: *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*, Plenum Press, 1985.
- [6] Deci, E. L. and Ryan, R. M.: The "What" and "Why" of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior, *Psychological Inquiry*, 11 (4) , 227-268, 1985.
- [7] Dreborg, K. H.: Essence of Backcasting, *Futures*, 28 (9) , 813-828, 1996.
- [8] Finke, R. A., Ward, T. B. & Smith, S. M.: *Creative Cognition*, The MIT Press, 1992.
- [9] Holmberg, J. and Robert, K. H.: Backcasting from Non-overlapping Sustainability Principles: a Framework for Strategic Planning, *International Journal of Sustainable Development World Ecology*, 7 (4) , 291-308, 2000.

- 
- [10] Kishita, Y., Harta, K., Uwasu, M. and Umeda, Y.: Research Needs and Challenges Faced in Supporting Scenario Design in Sustainability Science: A Literature Review, *Sustainability Science*, 11 (2) , 331-347, 2016.
- [11] Lubart, T. and Sternberg, R. J.: An Investment Approach to Creativity: Theory and Data, In: Smith, S. M., Ward, T. B. and Finke, R. A. (eds.) *The Creative Cognition Approach*, MIT press, 271-302, 1995.
- [12] Quist, J. and Vergragt, P. J.: Past and Future of Backcasting: The Shift to Stakeholder Participation and a Proposal for a Methodological Framework, *Futures*, 38, 1027-1045, 2006.
- [13] Quist, J., Thissen, W. and Vergragt, P. J.: The Impact and Spin-off of Participatory Backcasting: From Vision to Niche, *Technological Forecasting and social change*, 78 (5) , 883-897, 2011.
- [14] Robinson, J. B.: *Futures under Glass: A Recipe for People Who Hate to Predict*, *Futures*, 22(8), 820-842, 1990.
- [15] Rotmans, J., van Asselt, M., Anastasi, C., Greeuw, S. Mellors, J., Peters, S., Rothman, D. and Rijkens, N.: *Visions for a Sustainable Europe*, *Futures*, 32, 809-831, 2000.
- [16] Vergragt, P. J. and Quist, J.: *Backcasting for Sustainability: Introduction to the Special Issue, Technological Forecasting and Social Change*, 78 (5) , 747-755, 2011.
- [17] Weisberg, R. W.: *Creativity: Beyond the Myth of Genius*, W.H. Freeman and Company, 1993.
- [18] 木下裕介・増田拓真・中村秀規・青木一益:バックキャストイング手法を用いた富山市における市民参加型シナリオ作成, *富山大学紀要 富大経済論集*, 64 (1) , 127-152, 2018.
- [19] 古川柳蔵・石田秀輝:バックキャストイングによるライフスタイル・デザイン手法とイノベーションの可能性, *高分子論文集*, 70 (7) , 341-350, 2013.

# 鳥取県の中小製造企業における若年者人材の育成と活用

経営学部経営学科 兪 成 華

## 1. 研究の目的

本研究では鳥取県内の中小製造企業において新入社員の教育訓練、若手リーダーの育成などの取り組みについて各社の現状や考え方と後継者の人材像や育成のあり方を明らかにするため、鳥取県内の中小製造企業に対するアンケート調査と経営者や人事部担当者を対象にインタビュー調査をもとに実証的に考察する。

## 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：鳥取県内の中小製造企業（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2021』を参照する
- ③調査時期：2021年10月4日（月）～2021年11月26日（金）
- ④調査方法：郵送配布、郵送回収

⑤結果：

アンケート送付総数	175件
アンケート返信総数	60件
有効回収率	34.3%

### (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中小製造企業 22社
- ②調査時期：2021年11月～2022年2月
- ③調査方法：中小製造企業訪問 60分
  - ・経営者と人事部担当者のインタビュー 30分
  - ・工場・事業所見学 30分

## 3. アンケート調査とインタビュー調査の結果分析

### (一) アンケート調査の結果分析

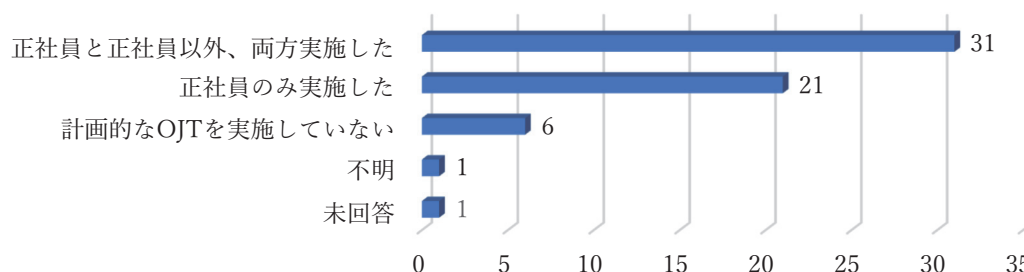
#### I. 若手社員の教育訓練について

##### ①職場内訓練（OJT）の実施

企業の独自の職務能力を身につける最も有効な方法としての職場内訓練（OJT）の取り組みについて、従業員のスキルをアップするための「職場内訓練（OJT）」を策定・実施している企業は、58社ある（96.7%）。社内の日常業務を通じて人材育成を行っている企業が多くなっている。

一方で、OJTを計画的に実施していない企業は、6社（10%）もあり、従業員の教育訓練における不十分さを露呈している（図1）。

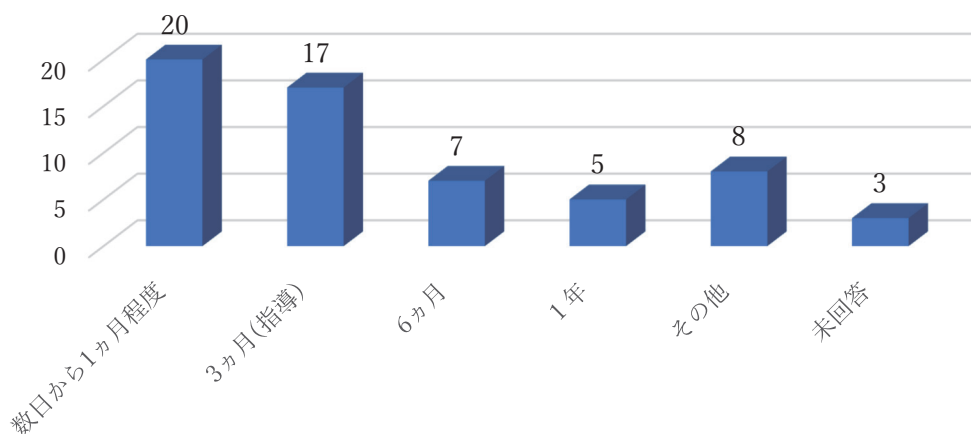
図1 計画的職場内訓練（OJT）の実施状況（N=60）



## ②職場内訓練（OJT）の実施期間

職場内訓練（OJT）を実施している中小製造企業は49社あり、全体の割合が81.7%となっている。実施期間は、業務の内容によって数日から1年までであるが、比較的単純作業であれば、「数日から1か月程度」となる。一方で「1年」の職場内訓練を実施した5社企業は、高度な技能が必要となる精密機器メーカーである。職場内訓練（OJT）は企業内で行われる能力開発方法の一つであり、主として新入社員や若手を対象に制度化している企業が多いことがわかった（図2）。

図2 職場内訓練(OJT)の実施期間（N=60）

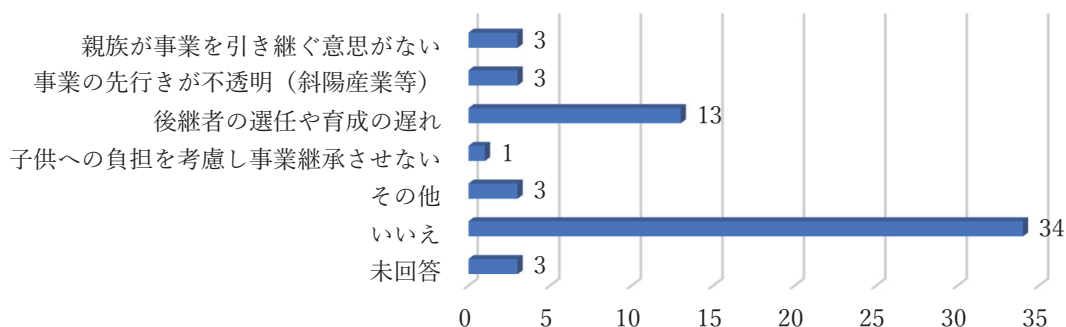


## II. 後継者の育成について

### ①後継者の不足

今回調査で回答を得られた60社中小製造企業のデータを分析したところ、31.6%にあたる19社で後継者不足の現状であった。後継者の不在率が日本全国平均66%（帝国データバンク、2019）に比べると、鳥取県の中小製造企業は深刻な後継者不足に悩まされているとは言えない。鳥取県は中小製造企業の後継者不在率が低いのが特徴である。鳥取県の人口は、減少傾向が続いており、老年人口割合の増加と若者流出とが相まって、地域社会の活力の減退が懸念される。依然として後継者不足は楽観視できない（図3）。

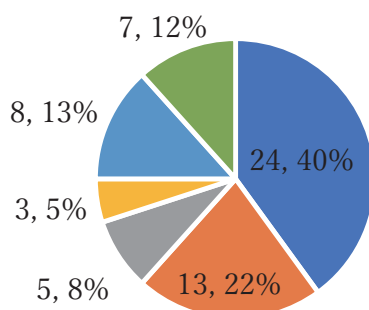
図3 後継者が不足していると感じるのか (N=60)



## ②後継者の属性

後継者が決まっている中小製造企業での後継者の内訳は、「社内の同族関係者」が24.4%と最も多く、「社外の同族関係者」が3.5%であり、両方にあわせて27.9%に達している。従ってやはり親族内承継が主たる承継である。次に、「社内の非同族関係者13.22%」と「社外の非同族関係者5.8%」を合わせて19.02%となっており、脱ファミリー経営も進んでいることがわかった。特に「社内の非同族関係者13.22%」は、企業内の一般従業員から昇格して事業を承継する現象も多数存在している (図4)。

図4 後継者の属性(出身) 【N=60】

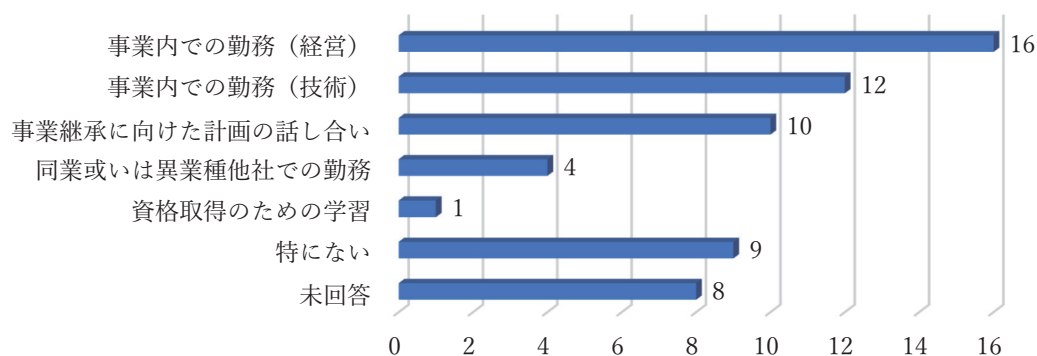


## ③後継者が事業を継ぐために取り組んでいるもの

後継決定者が事業を継ぐために取り組んでいるものと、その中で最も有効だと思うものについて見たものである (図5)。これによると、取り組んでいるもの、最も有効だと思うものともに、「事業内での勤務 (経営)」、「事業内での勤務 (技術)」と回答した企業が28社と約46.7%を占めていることが分かった。



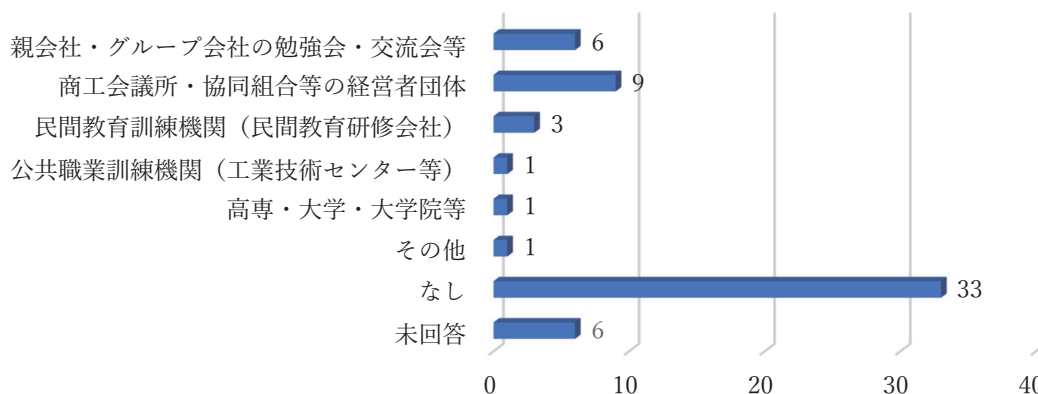
図5 後継者が事業を継ぐために取り組んでいるもの (N=60)



#### ④後継者育成のための主な外部研修機関の利用

後継者を育成するために、外部研修機関を利用しない鳥取県の中小製造企業は、33社 (55%) ある。中小企業の費用面で制約があるという関係性が強いと推測できる。中小製造企業が利用している外部研修機関で利用割合が高いのは、「商工会議所・協同組合等の経営者団体」が9社で最も高く、「親会社・グループの勉強会・交流会等」が6社、「民間教育訓練機関 (民間教育研修会社)」3社がこれに続いており、「高専・大学・大学院等」を利用している企業は1社だけで、非常に少ない (図6)。

図6 後継者育成のための主な外部研修機関の利用 (N=60)



#### (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。

- \* 「経営について社内で教育を行っている (主にOJT)」 (金属加工メーカー、酒造メーカー)
- \* 「現在、娘婿が後継者を内定し、育成に向けて社内の訓練と業界団体の研修を実施しています。」 (自動車の2次下請け部品メーカー)
- \* 「業界団体の後継者を育成する研修 (Off-JT) を活用しています。」 (食品加工メーカー、金属製品メーカー、酒造メーカー2社)
- \* 「娘婿 (元銀行マン) に現場を任せて、伝統産業の現状を打破して、新しい経営 (果実酒やウィスキー等) を目指しています。」 (酒造メーカー)

- \* 「後継者の不在（子供がいない）、かつ日本酒の市場を縮小しつつある。自分の代で会社をたたむつもりです。」（日本酒メーカー）
- \* 「50代で急遽親の会社を継いで、銀行等の相談を通じて、M&Aの手段で、次の経営者を探しています。」（食品メーカー）

#### 4. まとめ

アンケート調査とインタビュー調査の分析結果を踏まえた、事実の発見は次の2点である。

- (1) 中小製造企業による社員の教育訓練については、日常の業務に就きながら行われる教育訓練である「OJT」である。中小製造企業の規模や資金の面からみると、実施に当たって、外部委託やアウトソーシングより基本的に社内である。今回の調査を見ると、中小製造企業の人材育成は、企業が主体となっている。また、OJTを中心に社員全体のスキルのアップを図るという従来のスタイルが今も基本となっている。
- (2) 今回アンケート調査の結果によると、後継者が不足（不在）とする鳥取県内の中小製造企業の割合は41.7%となっている。日本全国の中小企業の後継者不在率が60%台（帝国データバンクの2019年調査）に比べると、低くなっている。また、6割の鳥取県内中小製造企業は、事業承継に向けた準備（後継者の選任・育成）を進めている。しかも、後継者になるのは、「同族承継」に限定せず、一般社員の「内部昇格」（24%）となっている。同族以外の幹部職員などを内部昇格させるケースが増えていることがわかる。  
一方でインタビューの調査によると、新型コロナウイルス感染拡大により、全対象企業の売上高が40～70%減となっていた。すでに3社が自分の代で会社をたたむことを決めている。従って事業承継の考え方や方向性に大きな影響を与えていると言える

#### 参考文献

- [1] 川喜多 喬・九川 謙一（2006）『中小企業の人材育成作戦』、同友館。
- [2] 中原 淳・保田 江美（2021）『中小企業の人材開発』、東京大学出版会。
- [3] 東川 広伸（2019）『幹部の育て方』、日本経営合理化協会出版局。
- [4] 堀越 昌和（2021）『中小企業の事業承継』、文眞堂。
- [5] 松岡 憲司（2013）『事業承継と地域産業の発展：京都老舗企業の伝統と革新』、新評論。
- [6] 百瀬 恵夫（2008）『中小企業と地域産業の人材育成』、同友館。
- [7] 労働政策研究研修機構（2012）『中小企業における人材育成・能力開発』、労働政策研究研修機構。





# 環境教育活動を主軸とした地域活性化の活動に関するアクションリサーチ —「八東ふるさとの森」における産官学の取り組みに関する事例研究—

環境学部環境学科 甲田紫乃

## 1. はじめに

本稿は、鳥取県八頭郡八頭町の「八東ふるさとの森」でのアクションリサーチから、産官学の取り組みによる環境教育活動が地域活性化に貢献することを報告するものである。本研究ではSDGsの理解を促し、情感に働きかける独自の環境教育プログラムの開発や星空観察会を「八東ふるさとの森」で実施した。本稿ではこの実践から得られた示唆を報告する。

昨今、地域活性化やまちづくりと「持続可能な開発目標（以下、SDGs）」を関連付けた取り組みが、行政やNPOを中心に行われるようになってきた。SDGsは、国連が2015年に策定した2016年から2030年までの持続可能な開発のための国際目標であり、17のゴールと169のターゲットで構成される。我が国においては、2018年に閣議決定した第五次環境基本計画でSDGsの考え方を含めた「地域循環共生圏」を盛り込んだローカルSDGsの取り組みも進んでいる。

鳥取県も例外ではない。むしろ、鳥取県は、県内の地域ごとに様々なSDGsの取り組みが盛んに行われている県の一つであると言っても過言ではなく、SDGsの取り組み、地域の資源を有効活用することを通して地域活性化につなげていく活動が県内各所で見受けられるようになっている。

本研究では鳥取県八頭郡八頭町の「八東ふるさとの森」での取り組みに着目し、アクションリサーチを行った。本取り組みはいまだ進行中ではあるが、1年間の取り組みの過程で得られた示唆は興味深いものがある。本稿ではそれらの興味深い示唆について報告したい。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、産官学による環境教育活動を主軸とした地域活性化の活動に関するアクションリサーチの過程で、産官学の協働の特異性や地域コミュニティに及ぼす影響を明らかにすることである。

これは、八頭町の豊かな資源の一つである「八東ふるさとの森」を軸として、ゆくゆくは八頭町の地域活性化に「八東ふるさとの森」が貢献できたら、という大きなビジョンのもとに構想されている研究である。本研究はその第一段階として、「八東ふるさとの森」自体をよみがえらせ、地域の方々や来訪者に「八東ふるさとの森」をより身近に感じてもらい、いわば「八東ふるさとの森」のファンになってもらう、という目的も内包している。

## 3. 研究の方法

本研究は、研究者が現場に介入し、研究者と当事者がともに現場の現状の改善・改革（ベターメント）を志向し協同的实践を行うというグループ・ダイナミックスの方法論に基づいて行った。

本研究は質的方法に依って行われている。研究者自身が活動の当事者として深く活動に参加し、参

与観察やフィールド調査などを行い、エスノグラフィを描く。これにより、「いまここにある」人々が織りなす活動における関係性が浮かび上がるのである。

Jorgensen (1989) は、参与観察に関して、以下の7点をその特徴として取り上げている。

- (1) 特殊な状況や場の内部者あるいはメンバーの視点からの、人間的意味や相互行為への特別な関心。
- (2) 調査と方法の根幹として、日常の生活状況や場のまさに「いまここ」に位置すること。
- (3) 人間存在の解釈や理解に重きを置いた理論と理論化の一形態。
- (4) 調査の論法と過程は開放的であり、柔軟でかつ便宜主義的であり、具体的な人間存在の場で集められた事実に基づき、問題となっているものを絶えず再定義すること。
- (5) 深くて、質的な、事例によるアプローチとデザイン。
- (6) フィールドのメンバーとの関係を築き上げ、維持することを含む、一つあるいは複数の参加者としての役割の遂行。
- (7) 情報収集の他の方法とともに、直接的な観察を利用すること。

(Jorgensen 1989 筆者訳)

グループ・ダイナミックスでは、活動の当事者が、何を考え、何をしているのかを知るために、できるだけ彼らのすぐ近くまで、あるいは彼らの中にまで足を踏み入れる必要性を重視する(杉万 2006)。この点で、参与観察は本研究に最適の方法であるといえる。

## 4. 「八東ふるさとの森」における環境教育活動

### 4.1. 「八東ふるさとの森」

鳥取県八頭郡八頭町に位置する八東ふるさとの森は、「中山間地域の振興と町の活性化を図るため、町民の健康増進並びにふれあいの場として」<sup>(1)</sup>設置された。八東ふるさとの森はブナの群生林が生い茂り、アカショウビンなどの野鳥観察やキャンプなどができる自然豊かな森である。しかし、これまで野鳥愛好家以外には知名度が低く、荒れ果てていたのが現状であった。2020年、長年八東ふるさとの森の指定管理を担っているA社(以下、「八東ふるさとの森」)が新しいスタッフとともに改革に乗り出し、荒れ果てていた森や施設の再整備を実施した。写真1および写真2は、まだ再整備、リニューアルの途中であった2021年4月9日に筆者が撮影したものである。



写真1 森のカフェ



写真2 研修室

(1) 八頭町ふるさとの森条例第1条より(平成17年3月31日条例第138号)

## 4.2. 本研究における環境教育プログラム

本研究では、SDGsの理解を軸とした講演と情感に働きかける環境教育プログラムを考案し、学校を対象に実施した。本プログラムの基本的構成は、SDGsについての講演を行った後に、森歩きを行うというものである。参加者の時間が許す場合には、これにさらにワークショップが加わる。このワークショップは学校との協同的実践でもあり、学校の先生方とともに、柔軟にアレンジをして実施するものである。

本環境教育プログラムはこれまでの筆者の研究の成果をもとに本研究で独自に考案したものであり、その特徴としては、以下の2点、すなわち、(1)SDGsと絡めた、森林についての基礎的で正確な知識をわかりやすく解説する座学、(2)森に入ったときの情感を確認した上で、森歩きを対話を通して行うフィールドワークの2点があげられる。参加者の時間が許す場合に行うワークショップは、グループワークであり、グループごとに(2)で感じた情感、森林を守るためにはどんな行動ができるかななどのトピックについてディスカッションするものである。

科学的知識の学習は情感の生起に関係する（伏見ら 2009）。また、たとえば、豊島ら（2000）の研究では、自然事象や現象に五感を通して直接触れ合う体験は、創造性の育成につながる可能性があることも示唆されている。

翻って、「SDGs」という言葉の浸透を受け、昨今では環境教育プログラムが至るところで開催されるようになっており、このようなものの中には疑似科学的言説に基づいたものが含まれている現状も否めない。浦部ら（2018）は、大学生アンケートによる水質指標生物の教育効果に関する調査の中で、学校教育における指標生物の学習によって芽生えた水環境への関心が、偽科学へ向いてしまっている可能性も指摘している。

以上を受けて、本環境教育プログラムでの講演におけるSDGsならびに森林に関する内容は、学術論文、学術図書等をもとに構成したものである。それを参加者の属性ごとに理解しやすいようアレンジし、参加者の生活と結びつけて考えることができるよう工夫を凝らし、再構成したものとなっている。

さらに、本環境教育プログラムにおける森歩きのアクティビティは、森に入ったときの情感を重視するとともに、アクティビティという形の、「何かを指示されて参加者がその指示を聞きながら森で活動する」というものではない。参加者は講義で問いかけられた内容を念頭に置きながら、森を自由に歩く中で、適宜研究者との対話を通して、進めていく形となっている。この森歩きと、参加者の時間が許す場合実施されるワークショップは、2016年の中央教育審議会答申の「主体的・対話的で深い学び」や状況的学習論（Laveら 1991）などを反映したものとなっている。

写真3および4は、2021年7月13日に「八東ふるさとの森」で、H小学校を対象に環境教育プログラムを実施した際の、森歩きとワークショップの様子を撮影したものである。



写真3 森歩きの様子  
（「八東ふるさとの森」撮影）



写真4 ワークショップの様子  
（筆者撮影）

#### 4. 3. 広留野での星空観察会

本研究は「八東ふるさとの森」での環境教育活動を通じた地域活性化の可能性を探ることにその主眼がある。「八東ふるさとの森」での環境教育プログラムは施設内で実施するものであり、交流人口の増加、リピーターの増加という観点からも、さらなる環境教育活動が別途必要であると考えられる。このような中で、もともと県内の天体観測愛好家の間では、広留野の星空は知られた存在であり、「八東ふるさとの森」から広留野までは車で10分ほどであることから、「八東ふるさとの森」の来訪者や宿泊者に向けた星空観察会を環境教育活動の一環として実施することになった。

本研究では、本学名誉教授の足利裕人氏に協力してもらい、2021年7月17日に星空観察会を実施した。



写真5 星空観察会に向かう前の  
足利氏によるミニレクチャーの様子  
（筆者撮影）



写真6 星空観察会にて  
ゼミ生が足利氏とともに天体望遠鏡  
を設置する様子1（筆者撮影）



写真7 星空観察会にて  
ゼミ生が足利氏とともに天体望遠鏡  
を設置する様子2（筆者撮影）

写真5は、星空観察会のために広留野に向かう前に足利氏によって実施されたミニレクチャーの様子である。このミニレクチャーは「八東ふるさとの森」の来訪者を対象としてものものであり、「八東ふるさとの森」のツアーの一環としても実施された。

写真6ならびに写真7は、星空観察会にてゼミ生が足利氏から天体望遠鏡の設置方法を教わる様子である。

星空観察会以外に、広留野にて足利氏ならびにゼミ生とともに、星空観察の実習も実施した。これは、広留野における今後の星空観察会に最適な場所の選定や機材の使用法を足利氏より学ぶことが目的である。その際に、ユニヘドロン社のスカイクオリティメーターを使用し、広留野における空の明度（空の明るさ）を測定した。測定値は21.77と、星空観察には最適な場所であることも確認された。



## 5. 環境教育活動を主軸とした地域活性化の可能性

本研究で得られた示唆には以下の3点があげられる。すなわち、(1)環境教育プログラムによって、参加者の視野が拡大し、参加者自身の生活との関連から持続可能な社会に向けた様々な取り組みへ関心を広げることができるということ、(2)「八東ふるさとの森」の来訪者に向けた環境教育活動が来訪者の持続可能なまちづくり等に対するエンパワメントにつながる繋がるということ、(3)「八東ふるさとの森」における協同的实践は、「八東ふるさとの森」の関係者自身のエンパワメントそして様々な学びに繋がること、の3点である。

本研究に関連する環境教育活動以外にも、筆者は「八東ふるさとの森」を訪れ、講演会への参加や、ゼミ生との森歩きなどを可能な限り行った。その過程で、学校対象の環境教育プログラムに参加していた生徒の中には、その後家族とともに「八東ふるさとの森」を何度か再訪していた者もいる。また、「八東ふるさとの森」のスタッフやゼミ生らが、環境教育プログラムや環境教育活動に補助として関わる中で、自身がエンパワメントされ、学びを深めていった点も興味深い。さらに、「八東ふるさとの森」、大学、地域住民、県や八頭町の関係者などが、活動を進めていく中で、信頼関係を構築し、全体のエンパワメントにもつながっていった点も特筆に値する。

本稿では、「八東ふるさとの森」における研究者と当事者の協同的实践の中で得られた示唆を紹介し、環境教育活動が地域活性化につながることを報告した。「八東ふるさとの森」における環境教育活動が今後さらにどのように進展していくのか、協同的实践を通して、今後もさらに見守っていきたい。

## 6. 今後の展望と課題

本研究の環境教育プログラムは森林環境教育が軸であったが、これはエネルギー教育などにも応用できる可能性があると考えられる。現在、「八東ふるさとの森」ではマイクロ水力発電の構想もあり、環境教育プログラムの内容をさらに豊かにすることが、来訪者の増加に貢献すると考えられる。

「八東ふるさとの森」における本研究の環境教育プログラムは、現在筆者が一人で行っている。この環境教育プログラムをより精緻化し、「八東ふるさとの森」のスタッフでも実施可能にしていくことが、持続的な取り組みにつながると考えられる。

## 謝 辞

本研究は2021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ものです。本研究の実施にあたり、「八東ふるさとの森」の関係者の皆様、環境教育プログラムに参加して下さった皆様、ならびにワークショップに参加して下さった皆様に、厚く御礼申し上げます。

本研究における環境教育活動の一環としての星空観察において、研究協力をして下さった足利裕人先生には、星空観察会ならびに環境教育ワークショップへの協力のみならず、装置の使い方など、多大なるご助言をいただきました。心よりお礼申し上げます。

また、本研究において、さまざまなコーディネートをして下さった本学地域イノベーション研究センターの川上浩一様にも重ねて御礼申し上げます。

---

最後に、本研究における事前の現場調査や環境教育プログラムの補助として頑張ってくれたゼミ生の皆様、ありがとうございました。

### 参考文献

- [1] Jorgensen, D. L.: Participant Observation: A Methodology for Human Studies, Sage Publications, London, 1989.
- [2] Lave, J., Wenger, E.: Situated Learning: A Legitimate peripheral participation, Cambridge University Press, Cambridge, 1991.
- [3] 杉万俊夫：コミュニティのグループ・ダイナミックス、京都大学学術出版会、京都、2006
- [4] 杉万俊夫：グループ・ダイナミックス入門-組織と地域を変える実践学-、世界思想社、京都、2013
- [5] 豊島禎廣、庭瀬敬右：中学生の創造的態度についての研究：「原体験」と学力との関連を通して、理科教育学研究、41、1-8, 2000
- [6] 浦部美佐子、石川俊之、片野泉、石田裕子、野崎健太郎、吉富友恭：大学生アンケートによる水質指標生物の教育効果の検討、陸水学誌、79 (1)、1-18、2018

# 星取県の活性化のための、天体テレビ観望機器を用いた地域貢献としての 学生ボランティアの関わり方の開発

環境学部環境学科 千代西尾 祐 司

## 1. 背景と取り組み

従来、天体観望は、誰か天体に詳しい専門家がいて説明してくれるなど「星空案内人」のような人がおり、その人が天体望遠鏡を操作し導入してくれた天体を見せてもらうという、参加することは主体的とはいえ観望そのものは受け身な活動であった。また、星空案内人等も高齢化が進み、例えば学校や公民館単位で星を見る会を企画しても、案内人の確保が徐々に難しくなっている。さらに従来の接眼部を覗くという観望会のスタイルでは、新型コロナウイルス感染防止の観点で身動きが取りにくくイベント等も実施しにくい状況が広がってきている。

一方で近年はテクノロジーの進歩により「どこにどんな天体があるか知らない」者でも機材の支援により、例えばアンドロメダ大銀河やオリオン大星雲のようなメジャーな天体からマイナーな天体まで、ソフトウェアで機材を制御して天体を自動導入し、位置のずれなくiPad等のタブレット端末にリアルタイムで天体を表示する機材が実現可能となっており、機材面では著しい進化を遂げている。また、CMOSカメラ等の感度の高いカメラを使用するため、多少の光害がある場所でも肉眼では見えなくてもある程度鮮明な画像を得ることができる。

その技術は天体テレビ観望（EAA：Electronically-Assisted Astronomy）と呼ばれ、それを活用する機材面の選択や調整、さらに社会教育施設や学校での運用に関する実践と成果を論文として公表してきた〔1〕〔2〕。

しかし現時点では、より小型で精度の高いものが市販品を組み合わせるだけで実現できるようになっており、これらを用意すれば、誰かが導入してくれたものを見るという受け身であった天体観望を、見たいものを見るという主体的な活動に変える。さらにこれらの機材は、接眼レンズを交代で覗くという行為が伴わないためコロナ禍での観望にも適している。

## 1.2. 鳥取県行政とのかかわり

鳥取県は、星が綺麗に見える環境を活かし「星取県」と名乗ることで、観光面や環境保全面で活性化の取り組みを進めている。それは、人工光の放出の少なさゆえの星空が美しく見える環境をふるさとの重要な景観と位置付け、観光や地域経済の振興、そして環境教育等に生かしていくという考え方に基づいている。そして、その環境を県民の貴重な財産として保全し次世代に引き継いでいくため、鳥取県星空保全条例〔3〕を制定（平成29年12月）するなど積極的な展開をおこなっている。

星取県として事業を進めてきた環境立県推進課では、「若者がつくる星取県ネットワーク」事業を行っており、若者たちが案内人として成長し活躍できる場面を作ろうとしているが、なかなかうまく進んでいないという現状もある。また今年度、テレビ観望機材を導入し、星空の楽しみの裾野を広げる

ために観望会等を進めようとしている。

さらに今年度鳥取県は、とっとり宇宙産業ネットワークを設立し、とっとり宇宙産業チャレンジ事業を始めた。この事業は産業未来創造課の事業であり、環境立県推進課とは別の部署である。このことから、宇宙に焦点を当てた事業が幅広に進み始めたということを感じ取れる。

### 1.3. 研究の目的と地域貢献の方向性

今年度、公立鳥取環境大学特別研究費の助成を受け、電視観望機材を2組購入することができた。それらは論文公表時点よりバージョンアップしており、望遠鏡の写野がずれないように赤道儀を制御するオートガイドの機能や3Dプリンタで作成したアダプターを用いてモーターを固定・制御し、自動でピントを合わせるオートフォーカス機能も正常動作するようになっている。助成によって得られた機材の完成度はかなり上がっており今後、様々な場面での活用を想定している。

天体電視観望では、観望対象の天体はモニター画面に映し出されるため、従来のように並んで観望の順番を待ち接眼部を覗くという観望スタイルから解放される。また、モニター画面をプロジェクター等の大画面にすることでさらに大勢が同時に観望することができる。そのような距離を置いた観望スタイルは、感染防止対策をとりつつ天体観望を可能にするツールと捉えることができ、コロナ禍では適した観望スタイルといえる。

今年度、天文部の顧問となったこともあり電視観望機器と天文部員というリソースをうまく掛け合わせ、地域貢献に役立てることはできないかと考えた。しかし天文部の学生たちの意識が分からないため、春にGoogle Formを用いたWebアンケートを行った。

表1. 天文部学生への意識調査（2021年度初夏）

天文部員は、星空を見上げるのが好きであるという前提の質問です。			
天体の写真を撮ってみたいと思いますか？	思う	思わない	n=12
	10	2	
天体写真撮ったら、SNSやブログなどに上げたいと思うタイプですか？	アップしたくなる	SNSには抵抗がある	n=12
	6	6	
写真を撮ってみたい人へ興味の分野を伺います。			
星景写真（景色と星が一緒に写っているもので、景色全体を楽しむものは撮ってみたいと思いますか？星の軌跡が写っているものも含まれます。	撮ってみたい	興味がない	n=10
	9	1	
星空写真（景色は含まず、星の配置とか天の川とかを広く写すもの）は撮ってみたいと思いますか？	撮ってみたい	興味がない	n=11
	9	2	
天体写真（星雲や星団、銀河などを詳細に撮影する）は撮ってみたいと思いますか？	撮ってみたい	興味がない	n=11
	7	4	
惑星は動画を撮って、それを処理して写真にするのが一般的ですが、そのような撮影に興味はありますか？	興味がある	興味がない	n=11
	7	4	
タイムラプス映像（動画で星や景色が流れていくような動画）を撮影してみたいと思いますか？	撮ってみたい	興味なし	n=12
	8	4	
天体写真の画像処理には興味がありますか？	興味がある	興味なし	n=12
	7	5	
例えば今回のお出かけセットのような、天体観望の新しい技術（機械やシステム）には興味がありますか？	興味がある	苦手	n=12
	6	6	

次はイベントへの参加分野の質問です。				
星を見る会などの、サポートに行ってみたいと思いますか？	行ってみたい	行きたくない	n=12	
	11	1		
自分たちだけで公共交通機関で移動して、サポートに行くことに対して、行ってみたいと思いますか？	行ってみたい	行きたくない	n=11	
	10	1		
地域の大人や、何かを活性化させようと頑張っている人たちと関わりを持つことは好きですか？	好き	苦手だがチャレンジしたい	苦手だから関わりたくない	n=12
	7	5	0	
例えば天体とか関係なくても（または天体に関わらないわけではないけど遠い場合など）でも、ボランティアで何かを手伝いに行ったりすることは好きですか？	好き	機会があれば行きたい	行きたくない	n=12
	8	4	0	

春の段階で天文部員に行ったWebアンケートでは、天体観望会等のサポートに行ってみたいと90%の学生が答え、地域の人と関わったり手伝ったりすることに、ほぼ全員が興味を示していた。

天文部の学生たちは、綺麗な広い星空が好きである。しかし、対象が小さく暗くなるにつれて興味を持つ者が減っていることがわかる。これは星座等はある程度知っているが、星雲や星団、銀河などはそもそも見たことがない、知らないという背景が大きいと考えた。

若者が天体観望に興味を持ちながらも、案内人というレベルにまで学びが深められない理由の一つは、機材が高価なために所有することができないことに原因があると考えている。ならば天文部等の地域貢献に興味がある学生に、学生目線では高価な機材を使える状況で持たせ、活躍の場という機会を与え、どのような地域貢献ができるかを観察したい。そして、地域の人に喜んでもらえるという達成感を学生に経験させることで天文学への興味やテクノロジー・プログラミングへの興味、また別方向で地域貢献活動や町興しへの興味というような多様な芽を育て、若手人材育成へとつなげたい。

県内でも星空を売りにして誘客につなげようとしている施設はいくつか見つかる。そういう施設では学生のボランティアを歓迎してくれるところも多い。地域の大人と一緒に活動する経験が多いほど、その地域に残って働きたいと思う学生が増えるということを経験しているが、学生との関わりを求めてくれている施設が多様に存在しているならば、積極的に地域に関わらせてやりたいと思う。そのためこの研究では、星取県の若手育成として公立鳥取環境大学の天文部員や地域貢献に興味のある学生がテクノロジー支援による観望機材という道具を使うことで、天体テレビ観望のサポーターとして、一定レベルの地域貢献が可能になるのかどうかを明らかにすること。加えて発展的課題として学生が、天体テレビ観望技術を用いることでの地域貢献や地域との協働関係を構築し、星取県の公立鳥取環境大学としての、地域貢献活動の一つの「カタチ」として学内に定着させることにある。

#### 1.4. 天体テレビ観望の技術

当実践で活用する天体テレビ観望の中心となる技術は、主として2種類の技術の組み合わせである。一つは望遠鏡の赤道儀を制御し、観望したい天体を視野の真ん中に入れるプレートソルビングという技術。もう一つはCMOSカメラを活用した、とりわけライブスタックという撮影技術である。

プレートソルビングという技術は、既に明らかなカタログ化された星図と、実際に撮影した写真と

の比較突合によって、現在望遠鏡の鏡筒がどこを見ているのかを特定する技術である。天体観望を行う際、観測場所と時刻が分かればその時その場でどのような星空が見えるかは分かる。スマートフォンなどは場所と時刻をGPS情報で取得するため、見える星空は分かっていることになる。望遠鏡の赤経軸を天の北極に向けておけば、目当ての天体を探るとき自動で天体付近の位置に鏡筒を向け写真を撮り、その写真と星図が突合され目当ての天体が導入されているかどうかを確認する。位置のズレがあったとしても、どちらにどれくらい動かせば中心に導入できるかも分かるため、自動で修正して視野中心に導入するという技術である。「天体の場所を知らない」「天体を導入できない」という観望スキルとしての根本的なスキルの不足を克服でき、観望技術的なハードルを大きく下げる。

CMOSカメラは高感度で、CMOSセンサーが得た映像信号をただ送り続けるという装置である。ソフトウェア上で露出時間や感度を設定し、送られてきたデータを映像として表示させることで撮影が行われる。この実践で用いたASIairProのソフトウェアは、上記のプレートソルビングによる天体導入やCMOSカメラから送られてきた画像データを表示することができる。さらに自動でコンポジット処理（加算平均）する機能もあり、ライブスタックと呼ばれる自動コンポジットの機能は、例えば10秒の露出時間の映像を自動ですべてコンポジットしながら表示し続ける。結果として、はじめはノイズが多い映像だったとしてもコンポジットが進むにつれて映像はノイズの少ない映像になり、淡い星雲などはよりクリアに見える映像に変わっていくというものである。この処理によって人の目の限界を克服し、従来は大口径の望遠鏡でも白いモヤにしか見えなかった星雲等が色やさらなる広がりまで見えるようになる。このライブスタック処理を高解像度で行えることで従来は見えなかった領域まで見られるようになり、将来的なインターネット配信まで視野を広げることが可能となる。

## 2. 今年度の成果

### 2.1. 学生の活動とイベント参加への積極性について

今年度の活動は、コロナ第4波と第5波の間（6月から7月）、第5波～第6波の間（9月末から12月末）の間に、急いで動けるだけ動いたというような形になった。また、物流の乱れや半導体不足等の影響で注文した品物がいつまでも届かないという事態にも見舞われた。

#### 2.1.1. 美保南小学校区の星空観察会

天文部が、美保南地区公民館と美保南小学校の連携活動で例年行っているサマースクールの一環で、今年度新しく始める星空観察会の支援依頼を受けた。当初予定は8月だったがコロナ感染拡大防止のため10月2日に延期された。内容は、参加者全体をモバイルプラネタリウムと実際の天体観望の2グループに分け、前半後半でローテーションするものであり、校庭での天体観望を天文部が受け持つこととなった。実際はコロナの影響でモバイルプラネタリウムの貸し出しも中止され、屋内プログラムはPCソフトを用いての星空説明となり天文部は校庭で実際に星空観察会を行うこととなった。

美保南地区は市街地にあり鳥取県内でも光害が大きい地域でありながら当日は、めったにないくらいの快晴で非常にクリアに星空が見渡せた。しかし図2で示すように、校庭には煌々とライトが照らされ、パチンコ店の明りで送電塔があたかもライトアップされたかのようにくっきり見えるほど周り

には光害が満ちており、淡い星雲がどれだけ見えるかどうかの不安はあった。

学生の手持ち資料として図1のような資料を作成した。星図はStella Navigator9というPCソフトで出力した星図の上に当日望遠鏡を用いれば見えるであろう特徴的な天体を配置した資料で、「東～南方面」「南～西方面」「北方面」の3枚を作成し学生の手持ち資料とした。このことで学生は、曖昧な把握しかできていない星座や当日見えるはずの天体についてある程度説明できるようになった。

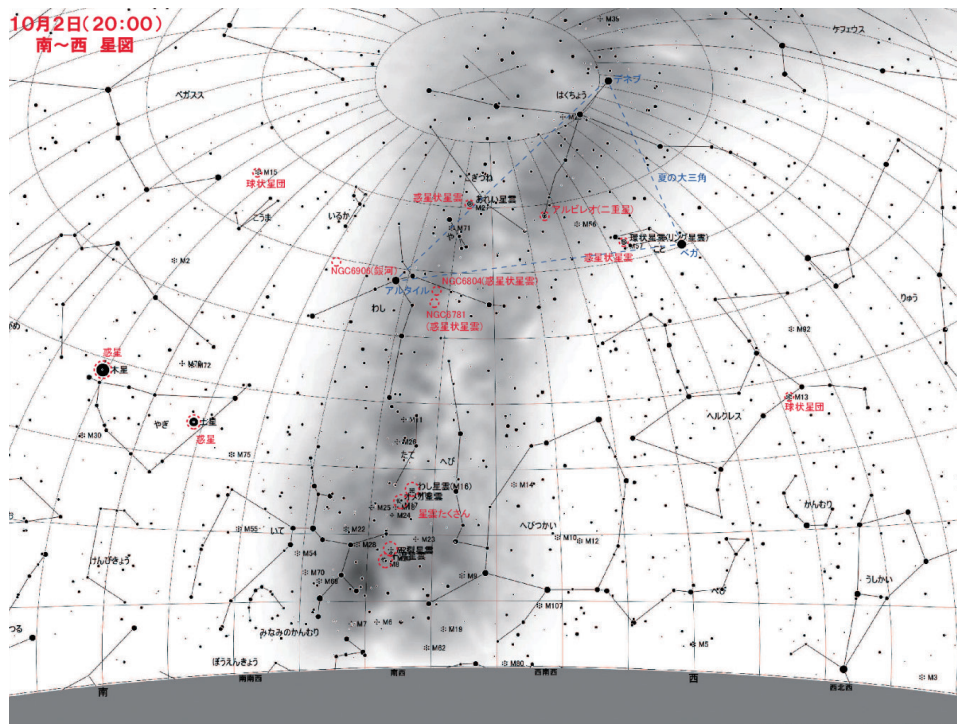


図1. 星を見る会当日の手持ち資料 (10/2)

機材の運搬や事前の準備やアドバイスは行ったが、本番は天文部の運営にほとんど任せる形となった。結果としてはそれなりに星空観察会を運営し、電視観望機器を使って肉眼では見えない星雲や星団を導入してモニターに表示し、参加者に説明をしていた。参加者はモニターに映る星雲や星団を楽しんで見ていた。実際の天体の位置を説明し、「この辺りには目では見えないけど、こういう天体があるよ。」というような説明は、参加していた大人も初めて見る人が多く、かなりの好印象だったと思える。以下に、その時の様子を示す。

図2の左中の写真は、アレイ星雲 (M27) の10秒間露出の画像を、左下は木星の動画を、PCモニターに表示しているところであり、右下の学生がiPadを操作して、AppleTVを仲介して中央に置いてあるPCモニターにワイヤレス転送している。右下の学生を見ている親子は、結局最初から最後までこの場所を離れずに、学生とあれこれ話をしながら観望していた。

これらの状況から、機会と機材が整えば、学生たちはしっかりとした形の社会貢献ができ、星図に書き込みをしたような資料を用意しておけば自分の知っている曖昧な知識と合わせながら、子どもにいろいろと説明できるポテンシャルを持っていると確信することになった。



図2. 美保南小学校での星を見る会の様子（10/2）

### 2.1.2.

#### 国府町コミュニティセンターでの天体観測会

10月16日（土）に、国府町コミュニティセンターとさじアストロパークが共同で行う天体観測会のサポートにも参加した。

しかし国府町のイベント時は雨が降っており、室内でのアストロパークスタッフの星空解説の後、天文部員は星空を見た時のカシオペア座と北斗七星を目印として北極星を見つける方法と、テレビ観望機器を使っでの動作の説明と、どのようなものが見えるのかという写真での説明となった。その時も十分な運営ができており、今後は学生だけに任せても大丈夫だと感じた。（図3）



図3. 国府町コミュニティセンターでの天体観測会（10/16）



### 2.1.3. その他、さじアストロパーク等への各種イベント参加

さじアストロパークのイベントへの参加は、6月5日（土）の鳥取天文協会大観望会2名（曇天）、12月12日（日）宇宙ふしぎ体験「ふたご座流星群を観察しよう」に6名（曇天）となったが、コロナ感染防止のため中止になるイベントの合間を縫って参加したそれらの行事は天候に恵まれず残念な結果に終わった。雪まつり（2022年2月12日～13日）のスタッフ募集を受け参加者も決まっていたが、コロナ感染者増大のためサークル活動ができなくなったため雪まつりにも参加できなかった。

また、わかとり科学技術育成会が2021年度子ども科学実験教室の一環として12月5日に実施したクリスマスレクチャーに参加し、天文部のブースで「手のひら銀河系」の工作教室を行っている。

天文部では、部長・副部長が交替し新天文部は週に一度の定期的なミーティングと部室前での定期的な天体観望会を始めようとしており、その積み重ねで機材操作等のスキルも上がるため、ますます社会貢献に期待が持てるサークルに変化していくのではないかと期待している。

残る課題として、天体観望時に説明する知識不足は一朝一夕にカバーしきれものではない。そのため、星空案内人資格認定制度運営機構と鳥取県が組んで実施した、星取県星空案内人（星のソムリエ®）資格取得講座への参加者を募った。

## 2.2. 鳥取県行政との実践

鳥取県環境立県推進課は昨年、県東部・中部・西部のデパートの屋上での天体観望会を感染防止対策の理由で中止した。しかし今年度はテレビ観望技術を活用し、夏休み近辺で実現したいと考えており、そこに学生サポーターの参加を予定してくれていた。しかし、今年度の行事もオンラインイベントを除き、ほぼすべてが実施されることなく年度を終えた。

その中で、オンラインと対面スクーリングで実施された星取県星空案内人（星のソムリエ®）資格取得講座に天文部から5名が参加した。星空案内人（星のソムリエ®）とは、宇宙・天文分野、特に星空についての知識やそれらの解説技能を有することを認定する民間の資格で、星空案内人資格認定制度運営機構が全国各地に実施団体を認定し、その実施団体がその地方で資格認定のための講座を開講しているものである。星空観察に関する基礎知識から、天体望遠鏡の原理および構造・操作、天文学・宇宙物理学に関する基礎知識、星空や宇宙に係る文化等を総合的に学ぶ場ともなっており、この講座を受講することで学生の知識不足という面はかなり解消される。

今年度の参加者のうち、4名が準星空案内人の資格を得た。準資格を得られなかった1名は、次年度取得予定である。

今後、正式な星空案内人資格を取得するに合わせて、その次の学年が準星空案内人資格取得のために講座を受講するというような持続可能なローテーションができると、公立鳥取環境大学天文部が行う星空案内の解説技能の質が向上し、テクノロジー支援による天体テレビ観望会と



図4. 準星空案内人受賞（10/17）

相まって、公立鳥取環境大学の地域貢献としての星空案内として独自性が高いデザインができあがっていくと思われる。

そのように多様な面で県との密接な関係が維持できており、3月23日には部長と共に県庁に出向き次年度に向けての打ち合わせを行い次年度以降のイベントと、それらにおけるサポートも引き続き貢献していく予定となっている。

### 2.3. 地域との連携

八頭町のふるさとの森（旧八東町）と大江の郷リゾートOOE VALLEY STAY（旧船岡町）は、何度か話をしたものの、これといった進展は現時点では無い。

一方、さじアストロパークは定期的に観望会を行い、多くの人々がやってくる。そのため繁忙期には学芸員だけでは人手不足の感があり、サポーターとして関わることを求められているため可能な限り参加するようにしている。アストロパークには専門の学芸員がいるため、天体関係の多様なレクチャーを受けることができ、大口径の機材もあるため学びの場としても大変有効な施設である。多いときにはかなりの人数が集まるため、感染防止のため広がって観望を行う必要があり、サポーターの人数は多いに越したことはない。さじアストロパークにサポートに向かう際の課題は、現地に行くまでの公共交通機関が無いという点だが、鷹狩や用瀬の駅まで行けば、職員の車や公用車で送迎可能と語ってくれている。そのため、さじアストロパークとのかかわりは、今後さらに深くなっていくと想定される。

他地域との関係として、年度途中で江府町役場との関わりが生まれた。江府町役場の産業建設課の参事から観光誘客にテレビ観望機材を使いたいと相談を受けたことから始まり、打ち合わせやプランニングを行い、江府町役場や江尾駅近くの3件の旅館を含む「役場周辺エリア」と大山の鏡ヶ成にある「休暇村奥大山」の2ヶ所にテレビ観望機材を整備し、観光誘客へつなげるという取り組みを次年度から始めることとなった。江府町の動きは素早く、12月の補正予算で既に1セット分の予算を確保し発注済みではあるが納品が物流の混乱に巻き込まれずいぶん遅れており3月末時点でも納品されていない。機材が納品されたら組み立て・設定等に取り掛かることになっている。さらにもう1台も当初予算に組み込むために動いておられるようである。

また、日本天文教育普及研究会関東支部会のオンライン研究会で、テレビ観望の様子と現在の活用についての発表を依頼された。令和4年3月9日に行われた研究会では、プレートソルビングやCMOSカメラによる観望の説明や、今年度の天文部の活動等の口頭発表を行った。その際、本学特別補助金の助成を受けていることは口頭でも伝え、資料にも添えている。

## 3. 今後の展望

### 3.1. 地域連携としての学生参加と地域興し（江府町）

江府町が行おうとしている地域興しの現場に、天文部の学生やゼミ生などが関わってくれればありがたいという声もいただいております。交通費をどう確保するかという課題はあるものの、次年度以降の取り組みにつなげていこうとしているところである。

また別件として、江府町から公立鳥取環境大学に、江府町SDGs未来都市計画を進めるにあたり大

学とかかわりが持てないかと打診があった。教育に関わる部門の窓口を私が担当することとなり、当面はテレビ観望機器による観光誘客を推進することを、SDGs未来都市計画推進の一環として扱うことになっている。そのため、テレビ観望のお手伝いというだけではなく、もっと広い形での地域興しへの学生参加が可能となる土壌が出来上がりつつある。次年度以降は、積極的に学生を関わらせ、学生自身の効力感育成につなげたいと考えている。

### 3.2. さじアストロパークの総合的なデジタル化

今回のテレビ観望機器は、スマホやタブレットに高画質映像として天体写真のデータが送られてくることが特徴である。そのことは、眼視観望では覗いて見るだけのものだった天体観望が映像データになることでインターネット配信も可能になることを意味する。

新型コロナウイルス感染拡大以降、Web会議ツールは日進月歩を続け、かなり高機能になっている。そのため次年度以降は、さじアストロパークと協働し「さじアストロパーク×公立鳥取環境大学」プロジェクトとして2つのプロジェクトを進めるというコンセンサスを得ている。一つは、さじアストロパークが定期的に行っている星空観察会をWeb配信するという取り組みである。前述のように星空観察会にはかなりの人が集まり、人手不足感があることから配信操作等のサポートは学生が担い、共に協力して配信できる仕組みをつくらうという取り組みである（図5）。

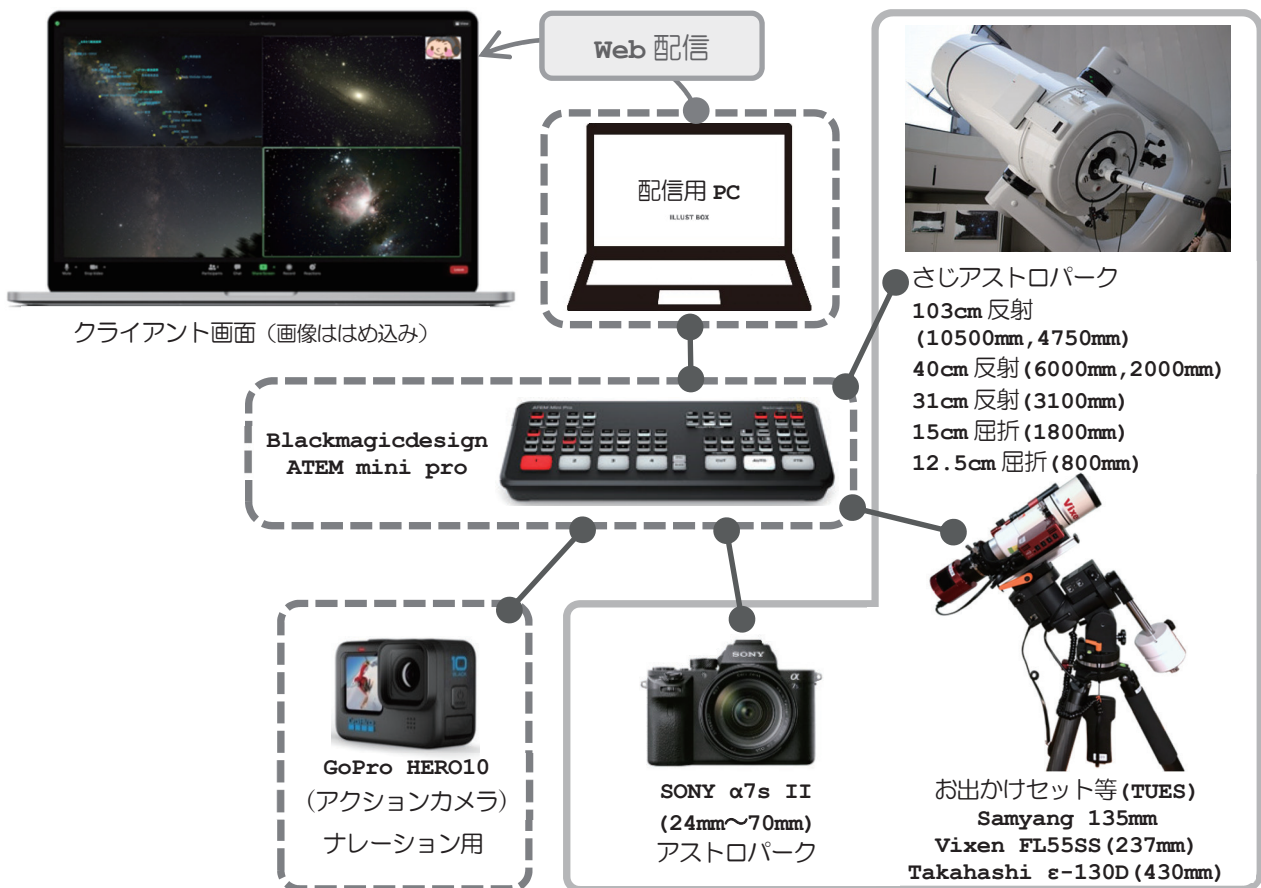


図5. さじアストロパークにおけるWeb 配信イメージ図

天体観察会のWeb配信という取り組みは、ネット上の人たちが個人レベルで行っている例はあるが、さじアストロパークのような公開天文台がWeb配信している例はほとんどない。公開天文台にテレビ観望機器が導入され始めたのはごく最近のことであり導入例もそれほど多くないため、Web配信にまで乗り出せる公開天文台は多くはないためである。また、鳥根県立三瓶自然館サヒメル天文台も次年度にテレビ観望機材を一組導入するらしく、さじアストロパークとの協働も考えている。これらのコンテンツがうまく動けば、コンテンツ産業にもつながる可能性も秘めており今後期待できる。

二つ目のプロジェクトは、さじアストロパークの星のコテージをインターネット天文台にするという研究である。さじアストロパークには、星のコテージという宿泊可能なコテージが4棟あり、それぞれにドームが設置され、その中に多様な望遠鏡が備えてある。(望遠鏡の種類は図5参照)

そのコテージの望遠鏡はコンピューター制御で天体導入できるようになっており、それにカメラを接続することでリアルタイムの撮影が可能になる。それをインターネット制御できるようにして、遠隔地からでもインターネット操作で写真が撮れる仕組みをつくれないう研究である。このコンテンツも実働すれば貴重なコンテンツとなるので、収益化が図れるようになるととても面白い。

現時点では、今後の展望に対しての最も重要となる財源が全く確保されてないが科研費への応募等で財源を探し、財源が確保されたときにはぜひ推進したいと考えている。

## 参考文献

- [1] 千代西尾祐司、古都浩朗、竹内幹蔵：天体のテレビ観望技術を用いた教材開発-CMOSカメラとPlate Solving技術を活用した天体観望教材-、鳥根大学学校教育実践研究2、29-39、2019  
(<https://ir.lib.shimane-u.ac.jp/ja/45552>)
- [2] 千代西尾祐司、古都浩朗、竹内幹蔵：理科教育における、STEAM教育教材としてのテレビ観望技術の実践的活用 - Plate Solving技術とCMOSカメラを活用した天体観望の運用 - : 鳥根大学学校教育実践研究4、17-29、2021  
(<https://ir.lib.shimane-u.ac.jp/ja/52653>)
- [3] 鳥根県星空保全条例 (平成29年12月制定、平成30年4月1日施行)  
(<https://www.pref.tottori.lg.jp/274606.htm>)

# 鳥取県東部千代川水系に分布するギギ*Tachysurus nudiceps*の生態

環境学部環境学科 太田 太郎・加藤 大寛\*・小林 健太郎\*\*

\* 公立鳥取環境大学環境学部環境学科2021 年度卒業生 現 株式会社大場上下水道設計

\*\* 公立鳥取環境大学環境学部環境学科2021 年度卒業生 現 株式会社麵棒

## 1. はじめに

ギギ*Tachysurus nudiceps*はナマズ目ギギ科に属し、河川の中下流の緩流域や湖沼に生息する淡水魚であり、分布域は琵琶湖淀川水系以西の本州、四国の吉野川、仁淀川水系の中流域、九州北東部とされる(森・名越 1989、細谷 2013)。近年では、河川改修や水質の悪化により個体数や個体群が減少し(竹下ら 2012)、いくつかの府県では保全の対象に指定されている(奈良県景観・自然環境課2006、大阪府環境農林水産部みどり・都市環境室みどり推進課 2014、高知県林業振興・環境部環境共生課 2018、滋賀県琵琶湖環境部自然環境保全課 2020)。いっぽうで、新潟県阿賀野川や三重県宮川をはじめ、秋田県、福井県、山梨県、愛知県、岐阜県、熊本県等、本来生息しない地域で本種が確認されており(森・名越 1989、松沢・瀬能 2008、細谷 2013)、人為的な分布域の拡大も懸念されている(森・名越 1989、高野ら 2016)。

本研究の調査対象水域である鳥取県東部を流れる千代川水系においても、著者らが現在進めている魚類生息環境調査で、本種の出現が確認された(太田・松原 2021)。本種に関しては、初期生活史、配偶行動、成長等について報告されているものの(松尾・高濱 2004、山根ら 2004、竹下ら 2012)、生態的知見は断片的で乏しい。そこで本研究では、千代川水系に生息するギギの分布範囲および微小生息場所について調査し、あわせて胃内容物の分析により食性を調査したので報告する。

## 2. 材料と方法

### 2. 1. 調査水域と調査概要

調査は、鳥取県東部を流れる千代川水系で行った。千代川および支流である八東川を調査範囲とし、計32地点(千代川本流: St.1からSt.18、八東川: St.19からSt.32)の調査定点を設定した(図1)。また、2020年の調査の結果(太田・松原 2021)、本種の採集量が多かったSt.6において、季節的な出現動向の変化や微小生息域を検討するための採集調査を行った。

### 2. 2. 千代川水系におけるギギの水平分布の把握

千代川水系における本種の水平分布を把握するために、2020年6月9日から10月20日および2021年5月16日から11月10日までの期間、各調査定点で1回以上の採集調査を行った。採集には電気ショッカー(Smith Root 社製 990V、末松電子製作所製、450V)およびタモ網を用いた。採集方法については、太田・松原(2021)と同様である。採集された個体は、冷蔵保管で実験室に持ち帰り、その日のうちに個体識別を行い、全長(TL)、標準体長(SL)、湿重量(WW)を計測し、冷凍保存した。

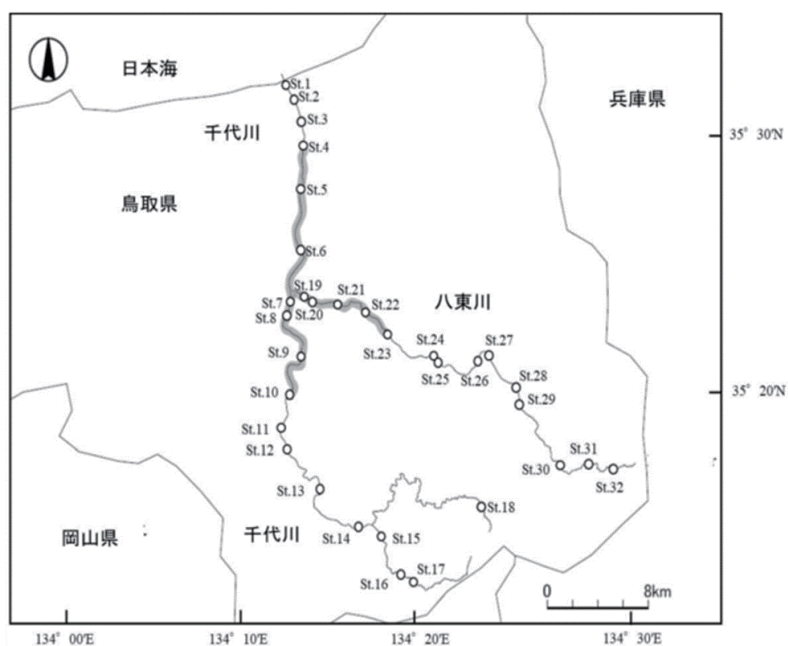


図1 千代川水系における調査定点およびギギの分布範囲（灰色の太線部）

### 2. 3. ギギの季節的出現動向および微小生息域の検討

本種の季節的な出現サイズの変化や微小生息域を検討するために、St.6（図1）において2021年6月15日から11月3日までの期間、月1回程度の頻度で採集調査を行った（表1）。採集方法は前項と同様であるが、流心部（膝程の水深の場所）と浅瀬に分け、毎調査それぞれ30分ずつ採集調査を行った。採集された個体は、前項で記載した方法と同様の方法で分析を行い、冷凍保存した。

### 2. 4. 胃内容物の観察

本研究によって採集された計204個体から胃内容物を取り出し、電子天秤を用いて胃内容物の重量を0.001gの精度で測定した後、実体顕微鏡を用いて観察した。胃内容物のほとんどは水生昆虫であったため、目レベルまで査定し、分類群別に頭の数カウンターで計測し、個体数とした。なお、水生昆虫の査定については川合・谷田（2018）を参考とした。

## 3. 結果と考察

### 3. 1. 千代川水系におけるギギの水平分布と出現体長

全調査を通じて合計204個体のギギを採集した。採集された定点は、本流である千代川ではSt.4、5、6、7、8、10の6定点、支流である八東川ではSt.19、20、21、22、23の5定点であり、本種の分布域の上流限は千代川では河口から約24.7km付近、八東川では河口から約25.3km付近であり、下流限は河口から約5.4kmであった（図1）。

採集定点別の体長組成を図2に示す。全体を通し100mm未満の個体の割合が高いが、上流側の定点で大型個体が採集される傾向が認められた。

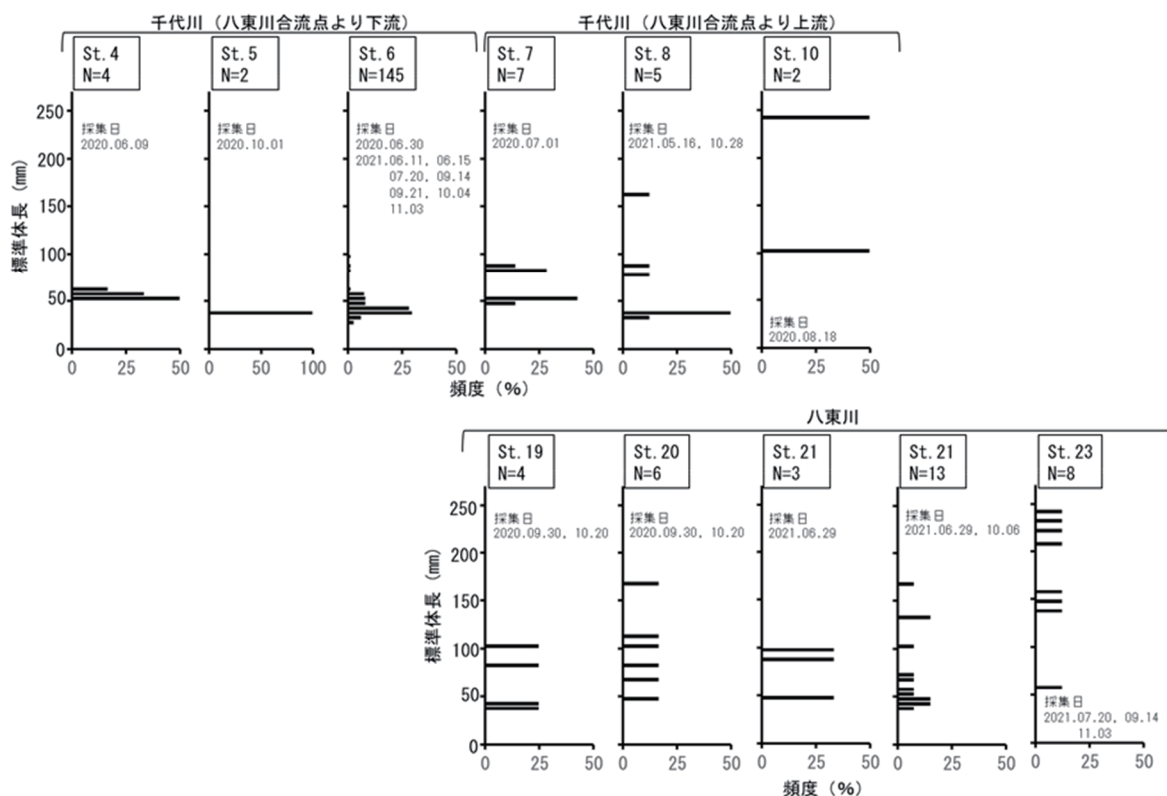


図2 千代川水系における調査定点別のギギの体長組成（グラフの順番は左が下流域、右が上流域の定点となっている）

### 3. 2. 小型個体の微小生息域と出現体長

St.6における流心部および浅瀬での採集個体数を表1に示す。全ての調査日において流心部よりも浅瀬で多くのギギが採集され、2021年6月15日と2021年9月14日以外は、統計的にも有意な差が確認された（二項検定、 $p < 0.05$ ）。浅瀬では、特に植生があるところや大きな岩陰で多くの個体が採集された。流心部の採集個体数については採集月による大きな差は確認されなかったが、浅瀬では9月以降、採集個体数が増加した。

表1 St.6 における流心部と浅瀬における30分当たりのギギの採集個体数

調査日	個体数		
	流心部	浅瀬	
2021. 6. 15	0	3	
2021. 7. 20	2	12	*
2021. 9. 14	4	11	
2021. 9. 21	1	33	**
2021. 10. 4	3	30	**
2021. 11. 3	4	20	**

二項検定 \* :  $p < 0.05$  \*\* :  $p < 0.01$

St.6における調査日別の体長組成を図3に示す（流心部と浅瀬で分けて採集を行っていない2020年6月20日および2021年6月11日のデータも含む）。St.6で採集されたギギは計145個体で、平均体長±標準偏差は $56.6 \pm 37.5$ mm（範囲：27.7-269.9mm）であった。また、9月14日に採集された個体の標準体長の最頻値は7月20日に採集された個体の最頻値に比べ減少しており、予備的に行った脊椎骨の観察結果も加味すると、9月14日に採集された小型個体は、当該年に発生した新規加入個体である可能性が示唆された。

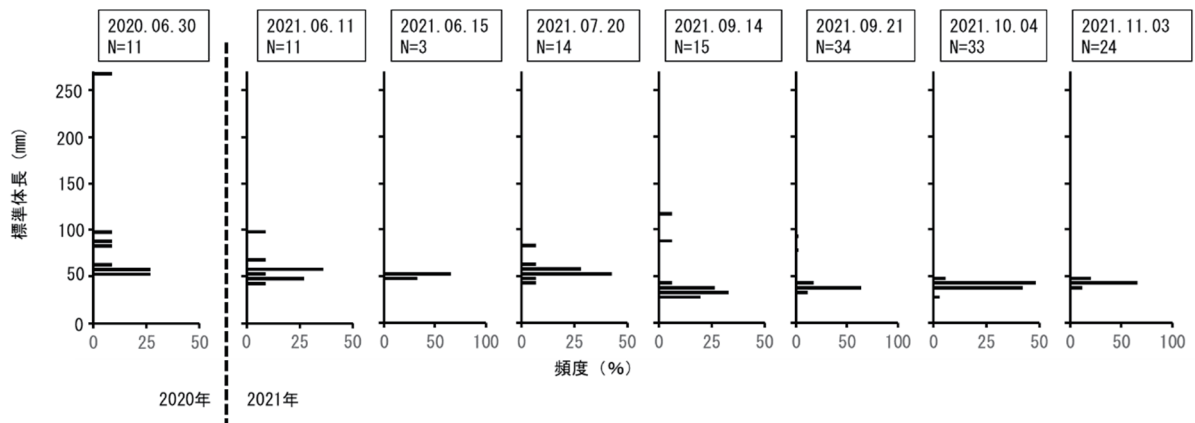


図3 St.6における調査日別のギギの体長組成

### 3. 3. 食性

採集されたギギ204個体における胃内容物の観察の結果、カゲロウ目 (Ephemeroptera)、トビケラ目 (Trichoptera)、コウチュウ目 (Coleoptera)、トンボ目 (Odonata) の4目の水生昆虫、ダニ目 (Acarina) および魚類が計4,848個体確認され、本種は主に水生昆虫を摂餌していることがわかった。個体数割合は、カゲロウ目が約57% (n=2,779)、トビケラ目が約42% (n=2,017) であり、摂餌している水生昆虫のほとんどがこの2目であった。また、ダニ目 (n=33)、コウチュウ目 (n=15)、トンボ目 (n=2) および魚類 (n=2) も少数ではあるが確認された。

調査地点別の胃内容物の個体数割合については、St.4、6、22および23では、カゲロウ目およびトビケラ目が約半分の割合で確認され、St.7、8、19、20および21では、約70%以上をカゲロウ目が占め、St.5および10では80%以上をトビケラ目が占めていた (図4)。なお、魚類を摂餌していた個体が採集されたSt.10およびSt.23はそれぞれ千代川および八東川に設定した調査地点であり、千代川水系における本種の分布上限の地点である。これら魚類を摂餌していた個体の標準体長はSt.10で242.7mm、St.23では209.2mmとサイズの大きな個体であった。

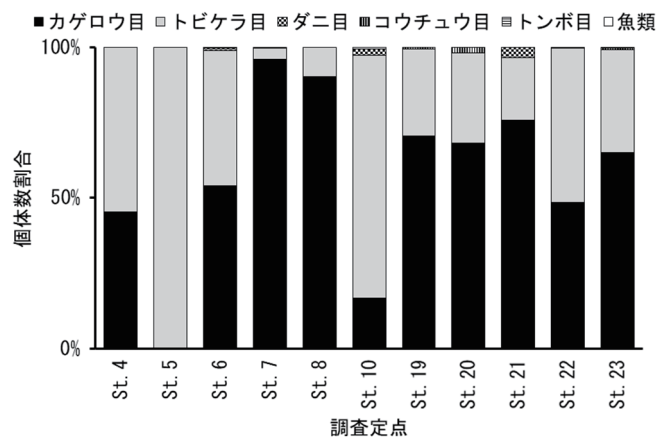


図4 ギギの胃内容物の採集地点別個体数割合

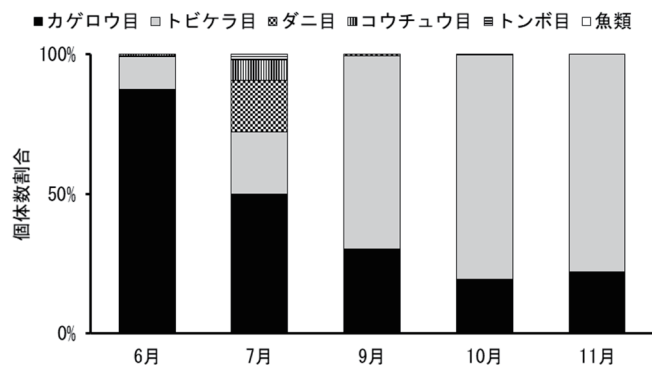


図5 St. 6で2021年に採集されたギギの胃内容物の月別個体数割合



St.6における2021年6月から11月の調査で採集されたギギの胃内容生物の個体数割合を図5に示した。6月に約90%であったカゲロウ目の割合は徐々に減少し、9月から11月はトビケラ目が高い割合を占めた。なお、各調査月における、ギギ1個体当たりの摂餌水生生物の個体数は、7月では28.8個体、8月では7.7個体、9月では20.8個体、10月では10.1個体、11月では18.4個体であり、7月の摂餌個体数が少ない結果となった。

### 3. 4. まとめ

本研究により千代川水系におけるギギの分布範囲は河口から5 km付近を下流限、千代川および八東川の河口から25km付近を上流限とし、サイズの大きな個体は分布範囲の上流側に多い傾向が認められた。また、新規加入個体の出現時期より、繁殖期は夏季と推定され、和歌山県紀ノ川水系で報告されている本種の繁殖期（山根ら2004）と概ね一致した。なお、本研究ではすべての個体の生殖腺の観察も行ったが、サイズの大きな個体が少なく、熟卵を有した雌がいなかったことに加え、雄に関しては精巣の発達が進んでおらず、雌雄判別が不可能な個体の割合が高かった。このため生殖腺指数の変動から繁殖時期を推定することはできなかった。また、本種の食性は水生昆虫、中でもカゲロウ目とトビケラ目に強く依存しており、魚類についても摂食しているものの、その割合はごくわずかであった。

本種は希少種として保全の対象となっている地域があるいっぽう、国内外来種に位置付けられている地域もある。千代川水系においては1994年にギギの分布が確認されているが（藤島ら1994）、千代川漁業協同組合の組合員によると、「昔（およそ50年前）は千代川にギギはいなかった」との証言もあることから、本水系においても、アユの放流事業等により他水域から移入した可能性も示唆される。

本種については強い魚食性を示さなかったことから、捕食により他の魚類の個体数を減らすような存在ではないが、本種と同所的に分布し同じ水生昆虫食と考えられるカジカ類やハゼ類などの競合種に位置付けられるものと考えられた。本種が在来種であるか他水域からの移入種であるかは、他水系、特にアユの放流種苗の供給元である琵琶湖およびその周辺水域のギギなども含めた分子遺伝学的解析をする必要がある。ただし、仮に移入種であったとしても、今のところ本種はカジカ類やハゼ類に比べても個体数は少なく、これらの種の生息を脅かすような存在とはなっていないものと考えられた。

### 謝 辞

本研究は2020年度および2021年度の公立鳥取環境大学特別研究費により実施しました。また、本研究を遂行するにあたり、多くの方々のご支援とご協力を賜りました。千代川漁業協同組合の寺崎健一組合長を始めとする組合員と職員の皆様には、調査にご理解を賜り、多くの有益な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、2020年度卒業生の小野凌氏、並河由佳子氏、松原潤氏、武坂亮氏、2021年度卒業生の須藤小雪氏、三輪拓也氏、森中亮多氏、4年生の上田啓太氏、高橋龍之介氏、中井弘氏、村上晴樹氏、山下海氏には調査に際し多大なるご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- [1] 藤島弘純 (1994) 『千代川の自然』 富士書店、鳥取、135-142.
- [2] 細谷和海 (2013) 「ギギ科」 『日本産魚類検索全種の同定 第三版(中坊徹次 編)』 東海大学出版会、神奈川、p.335.
- [3] 川合禎次・谷田一三 (編) (2018) 『日本産水生昆虫 科・属・種への検索 第二版』 東海大学出版部、神奈川、1730pp.
- [4] 高知県林業振興・環境部環境共生課 (2018) 『高知県レッドデータブック2018動物編』 [https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030701/files/2018092700119/file\\_201810103153657\\_1.pdf](https://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/030701/files/2018092700119/file_201810103153657_1.pdf) (最終閲覧日：2022年3月8日)
- [5] 松尾敏生・高濱秀樹 (2004) 「飼育下で観察されたギギの配偶行動」 魚類学雑誌、51 (2) : 169-174.
- [6] 松沢陽士・瀬能 宏 (2008) 『日本の外来魚ガイド』 文一総合出版、東京、157pp.
- [7] 森 誠一・名越 誠 (1989) 「ギギ」 『日本の淡水魚 改訂版』 山と溪谷社、東京、pp.404-405.
- [8] 奈良県景観・自然環境課 (2006) 『大切にしたい奈良県の野生動植物脊椎動物リスト』 <https://www.pref.nara.jp/dd.aspx?menuid=3177> (最終閲覧日：2022年3月8日)
- [9] 大阪府環境農林水産部みどり・都市環境室みどり推進課 (2014) 『大阪府レッドリスト』 <https://www.pref.osaka.lg.jp/attach/21490/00148206/zentai.pdf> (最終閲覧日：2022年3月8日)
- [10] 太田太郎・松原 潤 (2021) 千代川水系における水生生物の生息環境の地理情報化に向けた取り組み－調査手法の確立と地理情報化の基本設計について－、地域イノベーション研究Vol.8:27-33.
- [11] 滋賀県琵琶湖環境部自然環境保全課 (2020) 『「滋賀県で大切にすべき野生生物（滋賀県版レッドデータブック）2020年版」 選定種リスト』 <https://www.pref.shiga.lg.jp/file/attachment/5248810.xlsx> (最終閲覧日：2022年3月8日)
- [12] 高野裕樹・星野和夫・大倉鉄也・松尾敏生・渡辺勝敏 (2016) 「大分川水系に定着した国内外来魚ギギの分布と由来」 魚類学雑誌、63 (1) : 11-17.
- [13] 竹下直彦・青木邦匡・山林一尋・荒木 晶 (2012) 「木屋川におけるギギの年齢と成長」 水産増殖、60 (3) : 371-376.
- [14] 山根英征・横山 正・長田芳和・山田卓三 (2004) 「ギギの繁殖生態と初期生活史」 魚類学雑誌、51 (2) : 135-147.

# 産業廃棄物の有害性判定のための溶出試験における 六価クロム分析技術の開発

環境学部環境学科 門木 秀幸\*、政井 咲更美\*\*、成岡 朋弘\*\*\* 有田 雅一\*\*\*

\*公立鳥取環境大学環境学部

\*\*公立鳥取環境大学大学院環境経営研究科

\*\*\*鳥取県衛生環境研究所

## 1. 研究背景

六価クロムは、その強い酸化力から、皮膚炎、腫瘍、鼻中隔穿孔等の健康影響を生じ、発がん性物質の一つであり、環境への排出が規制されている物質の一つである。廃棄物に含まれる六価クロムの有害性は、「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」(環境庁告示13号法)による溶出試験により判定される。溶出試験は、廃棄物の有害性を判定し、管理型の最終処分場へ埋立て可否を判定する試験法である。基準を超過した廃棄物は管理型最終処分場への埋立てが禁止される。すなわち、溶出試験は管理型最終処分場の安全な維持管理を担保する試験であり、その精度の確保は処分場の安全・安心にとって不可欠と言える。逆に試験結果の不確かさは、最終処分場の信頼を揺るがし、地域住民の不信感を招き、結果として最終処分場の確保を困難なものとすると考えられる。しかし、廃棄物の溶出試験は、廃棄物の試料採取、試料調整、溶出操作、溶出液の分析からなり(図1)、複数の操作手順から構成され、それぞれの操作についてのばらつきから、全体として精度の確保が難しい試験方法とされている。各試験操作の精度の向上が必要である。

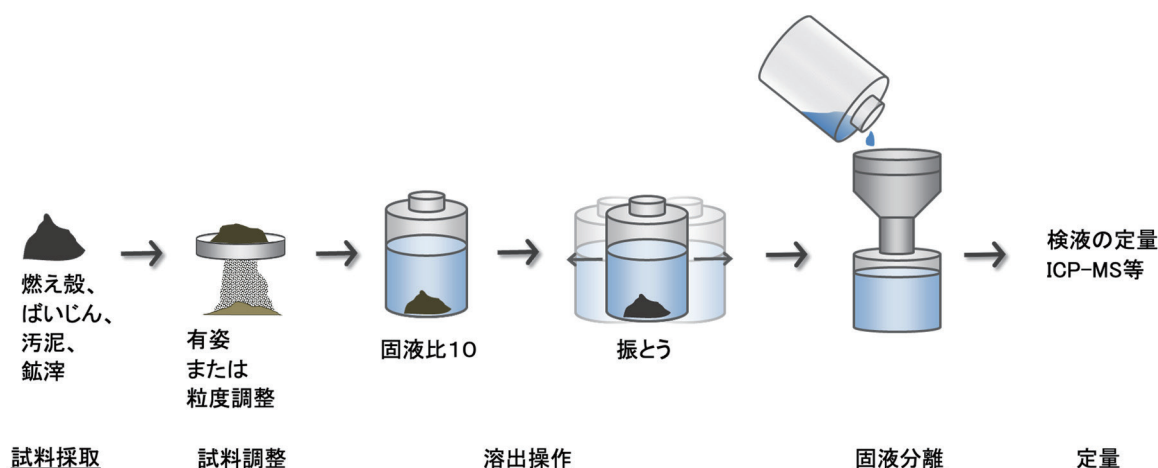


図1 溶出試験のフローの例

環境省では2009年度より告示改正に向けた検討が進められてきた。主な改正としては、まず平成25年2月の改正がある。この改正では、溶出操作により具体的な条件が規定された。具体的には、①容器容積比：溶媒に対して、おおむね2倍の容積を持つ容器を用いること。②振とう条件：水平振とうとすること、③ろ過条件：ろ過前の遠心分離を必須とすること、④ろ紙の材質：メンブランフィルターとすること、等の規定が設けられた。これらの溶出条件は、分析者の裁量に委ねられていたが、明確

な規定を設けることで試験結果のばらつきを改善することを目的としたものである。

また、令和元年10月に行われた改正では、大きく2つの検液の検定方法（すなわち溶出液作成後の分析方法）が追加された。1つは六価クロム化合物に関する試験方法であり、2つ目は有機塩素化合物に関する試験方法が追加された。ここでは、六価クロムの試験方法について述べる。六価クロムの試験方法は、従来JIS K 0102 65.2に規定されている試験方法が採用されており、大きくジフェニルカルバジド吸光光度法と鉄共沈法に分けられていた。ジフェニルカルバジド吸光光度法は、検液を硫酸酸性とした後、発色試薬としてジフェニルカルバジド溶液を添加し、六価クロムとジフェニルカルバジドとの錯体の吸収（540nm）の吸光度を測定する試験方法である。しかし、この方法は共存する還元性物質による妨害が極めて大きいことが報告[1、2]されている。水中のクロムには三価クロムと六価クロムが存在する。三価クロムは陽イオンであるが、六価クロムは酸素酸イオン、つまり陰イオンとして存在する。酸性条件では六価クロムよりも三価クロムが安定であり、検液中に還元性物質が共存している場合、試料に硫酸を添加して硫酸酸性すると六価クロムが三価クロムに還元され、ジフェニルカルバジド溶液を添加しても発色しないと考えられる。この妨害は、発色しない、すなわち透明な溶液が透明なままになるだけであり、分析者にとって妨害が起きていることを認識しにくい。確認する方法は添加回収試験を行う必要がある。しかし、この妨害に対しては、試薬の添加順を逆にする、すなわち、ジフェニルカルバジド溶液を添加した後、硫酸を添加し発色させる方法（逆添加法）が有効[1、2]である。ばいじんの溶出液について、門木ら[2]は逆添加法により妨害が大きく低減できることが報告している。そこで、この試薬添加順をJIS法とは逆にしたジフェニルカルバジド吸光光度法が告示別表第1として追加された。そして、JIS K 0102（2016）65.2に定める方法は、添加回収試験を行い、回収率が80%から120%までの間であることを確認した場合に限り適用できることとされた。逆添加法が分析精度に優れていることは、その後に行われた精度管理調査[3]でも実証されている。しかし、門木ら[2]の報告では、逆添加法だけでは完全に妨害を除去できるとされておらず、適切な希釈を行うことが重要であることが指摘されている。また、ジフェニルカルバジド吸光光度法では測定が困難な場合、鉄共沈法による分析が必要となる。

## 2. 六価クロムの鉄共沈法の課題

六価クロムの鉄共沈法の課題について述べる。環境省の環境測定分析統一精度管理調査（平成28年度）では、廃棄物（ばいじん）試料を対象として、重金属類（鉛、六価クロム、銅、及び亜鉛の4項目）の精度管理調査を行った。この結果（回答数、平均値、室間精度（外れ値等を除く））は、鉛：344、11.9mg/L、15.5%、六価クロム：210、0.183mg/L、50.5%、銅：293、0.0324 mg/L、27.9%、亜鉛：329、3.69mg/L、25.9%と六価クロムの精度が際立って悪い。そして、ジフェニルカルバジド吸光光度法、鉄共沈法（原子吸光法、ICP発光分光分析法、ICP質量分析法）のいずれも分析の精度、正確さ（真度）ともに不十分な結果となった。すなわち鉄共沈法についても精度上の問題があり、改善が必要であると考えられる。先行研究[1]では、煮沸時間等により分析回収率が変動すること、還元性物質による妨害等が指摘されている。最適な試験方法を確立するために、妨害の化学的要因も含めて検証が不可欠である。

### 3. 検出方法に関する課題

次に、検出方法の課題について述べる。鉄共沈法は、溶液中の六価クロム及び三価クロムのうち、鉄共沈により三価クロムを分別除去し、残る溶液中のクロムを元素分析により定量して、六価クロムの濃度を定量する方法である。JIS K 0102ではこの元素分析法として、原子吸光光度法、ICP発光分光分析法、ICP質量分析法が規定されている。廃棄物の溶出基準として、カドミウム、鉛、ヒ素、セレン等もこれらの検出方法が規定されているが、特にICP法は多元素同時分析が可能であること、また、ICP質量分析法は高感度であるために、廃棄物溶出基準より低濃度の分析が必要となる排水基準や環境基準に対しても直接分析が可能であることから普及が進んでいる。しかし、ICP法は機器が高価であり、また、プラズマ源としてアルゴンガスを用いることからランニングコストが高いという課題がある。一方、廃棄物の溶出試験は、管理型の最終処分場の受け入れの可否を判定する試験であることから、廃棄物の排出事業場において産業廃棄物の分析を行う以外に、最終処分場での受入検査としての要求もある。特に最終処分場では日常的な受け入れ検査のための簡易かつ安価な試験方法が要求される。

マイクロ波プラズマ発光分光分析装置 (Microwave plasma atomic emission spectrometer、MP-AES)は、プラズマ生成ガスとして窒素を用い、マグネトロンで生成したマイクロ波を、そのエネルギーの集約点において、プラズマの発生を行う。試料は、ネブライザーで霧化し、プラズマ中に導入され、原子化又はイオン化される。原子化又はイオン化された原子が、基底状態に遷移する際に生じる原子特有の発光スペクトルの強度から定量を行う方法[5]である。プラズマ生成ガスとして用いる窒素は、エアコンプレッサーと窒素ジェネレーターの組み合わせにより大気から供給することができる。このためICP法と異なりアルゴンガスが不要であり、ランニングコストが大幅に安価になる。しかし、マイクロ波プラズマ (MP) 中では、原子化とイオン化が一定の割合で起こるが、その割合が共存イオンの存在により変化すると、標準試料と実試料とで原子化の割合 (バランス) が変化[5]することで分析干渉となる。特に、環境試料や廃棄物試料は共存物質が多く、干渉も大きいことから適用事例は少ない。

図1に絶対検量線法によるMP-AESで測定したクロムの検量線の例を示す。MP-AESでは、クロムの代表的な発光線は、425.433nmである。これについて検量線を示す。直線範囲0.1～4mg/Lにおいて良好な直線性が得られた。

一方、ばいじんの溶出液の定量結果の例を表1に示す。ICP-MSと比較してMP-AESの絶対検量線法の値は1.77倍程度高くなっている。これはばいじん溶出液にはカルシウムイオン等の共存イオンが高濃度に含まれているため、クロムの発光強度に影響を与えたためと考えられる。従って、廃棄物溶出液のような高マトリックス試料は補正が不可欠と考えられる。

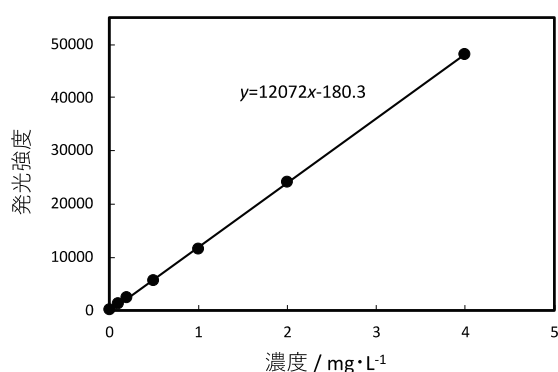


図1 MP-AES のクロム検量線の例

表1 ばいじん溶出液中のクロム定量結果の例

		mg/L
	絶対検量線法	2.10
MP-AES	標準添加法(手動添加)	1.13
	標準添加法(自動添加)	1.02
ICP-MS	内標準法	1.18

一般的に定量分析には絶対検量線法、内標準法、標準添加法がある。絶対検量線法は、目的元素の濃度が既知で濃度を段階的に変化させた標準試料の信号強度を測定し、検量線を作成した後、未知試料を測定し、目的元素の信号強度のみから濃度を定量する方法である。この方法が最も簡易な測定方法で多用されるが、未知試料中の共存物質の干渉が存在する場合は適さない。

内標準法は、目的元素以外の元素を内標準元素として標準溶液に一定濃度添加する。目的元素の濃度を段階的に変化させた標準溶液に対して、内標準元素は、同じ濃度を標準試料及び未知試料に添加して、目的元素及び内標準元素を測定する。検量線は、内標準元素の信号強度に対して目的元素の信号強度の比から作成する。内標準元素が受ける干渉を用いて目的元素の干渉を補正する方法である。従って、目的元素と内標準元素の干渉特性が異なる場合は適用できず、原子化特性が元素の種類によって異なることからMP-AESの補正方法としては不向きと考えられる。標準添加法は、未知試料に目的元素を段階的に添加（無添加を含む）した試料を測定し、得られた信号強度から検量線を作成する。得られた検量線について信号強度が0となる時の濃度が未知試料中の未知試料の濃度となる。この方法は言わば目的元素を用いて目的元素の信号強度を補正する方法であり、理論的には厳密な補正が可能と考えられる。図2にばいじんの溶出液について、標準添加法により作成した検量線の例を示す。この検量線と横軸との交点が、未知試料の濃度となる。

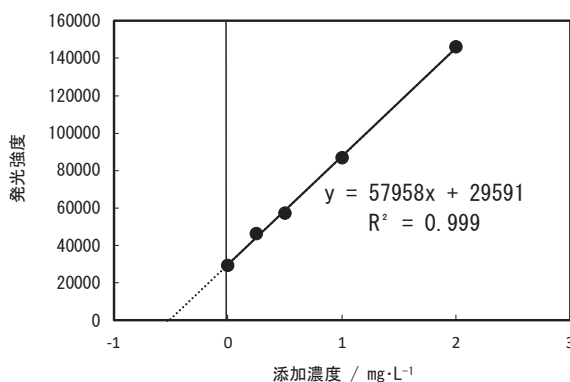


図2 標準添加法によるMP-AES のクロム検量線の例

しかし、標準添加法の問題点は、1つの未知試料に対して目的元素を段階的に添加した試料を複数調整し、未知試料ごとに検量線を作成しなければならず、試料調整作業がかなり煩雑になることである。一般的には、メスフラスコを用いて調整するために、多数の試料を測定するには、その数だけの検量線を作成しなければならない。そこで、本研究では自動添加法について提案した。図3に自動添加法の概略図を示す。

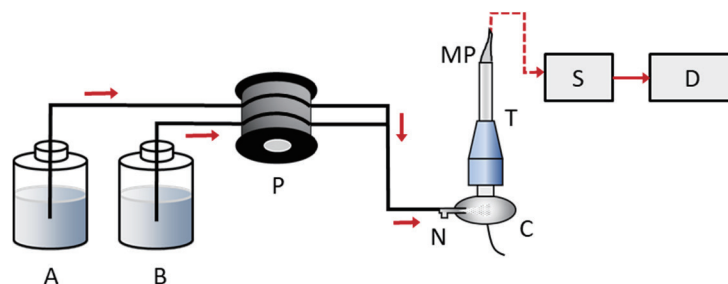


図3 自動添加による標準添加法の試料導入系 A:標準溶液、B:分析試料、P:ペリスタリックポンプ、N:ネブライザー、C:チャンバー、T:トーチ、MP: マイクロ波プラズマ、S:分光器、D:光度計

この方法は、MP-AESのネブライザーの導入系を二本又とし、同じペリスタリックポンプにチューブをセットし、一方には、未知試料を導入し、もう一方には、標準試料を導入する。自動的に未知試料と標準試料が混合される。予め調整した濃度が段階的に標準試料を順次導入することで、検量線を作成する方法である。表1に標準添加法（手動添加）と標準添加法（自動添加）の結果を合わせて示す。自動添加でもICP-MSの結果との良い一致が確認された。自動添加の利点は、未知試料ごとに別々に標準溶液を調整する必要がなく、大幅に作業が軽減でき、干渉の補正が可能であることである。

MP-AESは、ICP法（ICP-AES、ICP-MS）と比較すると、機器のイニシャルコスト、ランニングコストともに安価であり、操作も簡易である。最終処分場で日常的に搬入される廃棄物の分析やリサイクル製品等の安全性の確認等、現場での分析にも利用が期待される。

## 参考文献

- [1] 柘植亮、齋藤麻衣、新家淳治、工場排水等の六価クロム測定手法の確立に関する研究、三重保環研年報、No.17、pp.74-80（2015）
- [2] 門木秀幸、有田雅一、ジフェニルカルバジド吸光光度法によるばいじん溶出試験でのクロム（VI）分析における妨害物質除去法の検討、分析化学、Vol.66、No.9、pp.693-698（2017）
- [3] 山本貴士、「令和元年度産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法に係る精度管理調査」結果報告、廃棄物資源循環学会誌、Vol. 32、No. 2、p. 166、2021
- [4] 古賀敬興、平川周作、石橋融子、鉄共沈操作を用いた排水試料の六価クロム測定における添加回収率向上のための分析手法検討、環境化学、Vol.30、pp.140-144、2020
- [5] アジレント・テクノロジー株式会社、マイクロ波窒素プラズマ発光分光分析装置（MP-AES）の基礎、<https://www.chem-agilent.com/contents.php?id=1005031>（2022.4.6閲覧）

（本研究報告は、2021年10月26日、第32回廃棄物資源循環学会研究発表会において一部発表）

## 2021地域イノベーション研究 vol.9

令和4(2022)年6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 2021**

Tottori University of Environmental Studies  
Regional Innovation Research Center