



2017

地域イノベーション研究 vol.5

Regional Innovation Research

公立鳥取環境大学
地域イノベーション研究センター

2017年度 地域イノベーション研究センター事業報告書

巻 頭 言

「地域の価値とは何だろうか。」この問いを、私はセンター長になる前から考えてきました。もともと私の研究領域は、海洋微生物学と微生物生態学です。それも分子(DNAやタンパク質などの生体分子)を用いて、海を含む水域全般の微生物の生き様を解き明かす研究を過去30年間行ってきました。そもそも学者という存在は、普通の人々が見ない世界を専門の知力や技量、経験をもとに見ていく存在なのですが、それでも動植物を対象とする動物学や植物学、経済活動や文芸作品を対象とする経済学や文学などとは異なり、肉眼では見えない微生物を対象としてその自然界での生き様を見ようとする酔狂な学者は、どちらかというに変人です。だからこそ一生をかけても良いと覚悟を決めて取り組んできたわけです。

しかし今になって考えてみると、私の微生物学者としての経験が最初の問いについても私なりの答えを得るための素地になったような気がします。普通(特に現代では)、「価値」というと目に見える指標、端的に言うと通貨的な価値を単位として、その多寡を比較するのが一般的です。しかし、多くの人々がおそらく一生意識しないか、したとしても「ばい菌」として「なんかわからんけどあまり好ましくない存在」として捉える微生物を研究してきた私の考える「価値」はそれとは異なります。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。

国の価値を、国民総生産(GNP: Gross National Production)ではなく、国民総幸福量(GNH: Gross National Happiness)で評価しようと考えた国があります。ブータンです。ブータンではGNHの項目として、1. 心理的幸福、2. 健康、3. 教育、4. 文化、5. 環境、6. コミュニティー、7. 良い統治、8. 生活水準、9. 自分の時間の使い方、の9項目を挙げ、その全体向上を国の目標としています。この考え方はまさに、私の考える「地域の価値」と一致します。

現在の日本は様々な問題を抱えているのですが、特に「少子高齢化」や「都市一極集中」、そして「地域の疲弊」に関してはその原因として「地域の価値基準が都市化、グローバル化したこと」に一本化できるのではないのでしょうか。そうするとその解決策は、「地域の価値を地域総体として再確認し、その向上を目指すこと」に尽きるのではないかと考えます。鳥取の置かれた現状を考えると、まずは「鳥

取に住む人々のGNHを向上するにはどうすればよいか。」から考え始めてはどうでしょうか。私の見るところ、鳥取の価値は東京を下回るものではないと思います。公立鳥取環境大学地域イノベーション研究センターとしては、「総体としてのGNH、つまり地域価値をさらに向上し、鳥取での生きがいに資する研究や活動」を目指していきたいと考えている次第です。

さて、この報告書は、平成29年度（2017年度）の本研究センター研究員による6件の研究・活動の記録です。高齢者の買い物実態やサイエンスカフェなどは、この地域の生活の質の向上に資する研究や活動です。また、シカによる森林被害や海域の藻場植生と海洋生物の関係は、この地域の自然資本の価値を維持・向上するための基礎研究です。下水汚泥からのエネルギー回収は、未来の地域エネルギー、これも地域の生活の基盤に必須な要素です。土壌有機物代謝に関する研究は、鳥取固有の土壌、つまり水はけのよい砂質と水分を保持しやすい火山灰由来の泥土を鳥取の農業の個性ととらえた、まさに他の地域には無い鳥取固有の地域価値につながるのではないかと考えます。この報告書をご覧になった読者の皆さんには、あらためて自分の身の回りの鳥取の地域の価値に考えを及ぼしていただき、我々には見えていない価値をぜひ教えていただけたらと、心より希望いたします。

平成30年3月

地域イノベーション研究センター長 吉永 郁生

【目 次】

鳥取市中心市街地における高齢者の買い物実態に関する基礎調査 倉持裕彌……………	1
マイクロ波照射を用いた下水汚泥からのエネルギー回収システム 戸莉丈仁……………	5
鳥取県東部地域におけるシカの分布と森林の食害状況 笠木哲也……………	13
不攪乱環境下における土壌有機物代謝過程の分子動力的解析 角野貴信・市川裕一……………	19
鳥取県東部大谷海岸における藻場の季節消長と魚類相把握の試み 太田太郎・森田貴斗・吉永郁生……………	24
市民の科学リテラシーを高めるサイエンスカフェ 足利裕人……………	34

鳥取市中心市街地における 高齢者の買い物実態に関する基礎調査

倉持 裕 彌

1. はじめに

高齢者を中心とした買い物困難者をめぐっては、買い物困難者の実態調査（武田ほか2011）や買い物困難者に対する買い物支援の持続可能性に関する研究（倉持ほか2014）など、多様な視点から研究が積み重ねられてきている。これらの研究でもしばしば取り上げられているように、この問題は、居住地域によって異なる特徴が表れやすい。たとえば中山間地域と都市部では、買い物困難者の一般的な定義に用いる「買い物施設までの距離」ひとつとっても、タクシーの有無、急な坂道、買い物施設の規模などに違いがある。また、買い物は個人の嗜好などが強く反映される行動であるため不便な状況についても主観的な判断とならざるを得ない。このことが公的な支援を検討する際の課題となっている。そのため、ある自治体で買い物困難者に対する支援策を議論するのであれば基本的には、その自治体の買い物困難者の実態を客観的に把握することが重要となる。

例えば鳥取県江府町では、買い物困難者の実態を社会福祉協議会と自治体、さらに地元スーパーの移動販売も加わって、3者で情報共有している。しかも、社会福祉協議会と移動販売は、日常的に集落を訪問しているため、情報は常にアップデートされている。これは人口が少なく、中山間地域にある自治体だからこそ可能となる状況把握であり、都市部の自治体で実施するには相当に困難なはずである。一般的に、都市部で取り組まれる買い物状況の把握は自記式の調査票調査とならざるをえず、客観的な状況把握の精度を高めるには限界がある。しかし江府町までの精度とはいかないまでも、自治体が買い物支援を検討する際に基礎となりうるレベルの精度を確保した調査手法は検討されてよい。そこで、本稿は鳥取市の中心部について一定程度の客観性を確保した買い物困難者の実態調査を試みる。

鳥取市の中心部における買い物困難者は、公表されているところでは鳥取県による「まちなか生活実態調査」で把握されている。しかしこの調査は世帯を対象とした標本調査であり、日常の買い物行動に関する質問数も関連も含めて4～5程度と限られていることから、住民の買い物についての実態を十分に調査しきれていない。客観性を確保した実態調査を行うには、日常の買い物行動を直接問うだけでなく、自動車の有無や現在の体力、親族・近隣関係など買い物に影響する周辺情報も含めた質問項目によって調査票を作成し、これを他記式の調査によって把握する方法が考えられる。

¹偶然県の担当課に連絡をしたことから明らかになった。運悪く、調査票調査を実施することを予定していた地区が重なってしまった。買い物施設との距離などを検討して設定した地区だったため、地区を変えて調査することがかなわなかった。

2. 調査概要

当初予定では、鳥取市中心部において、袋川以北の商店街周辺地域に居住する、65歳以上の高齢者を対象とした悉皆の他記式による調査票調査を行うこととしていた。しかし、先に述べた鳥取県によるまちなか生活実態調査（2017年度版）がほぼ同時期に実施されていた¹ため、調査対象者の負担等を考慮し予定していた調査票調査を中止した。調査の代替として、県にまちなか生活実態のデータ提供をお願いしたところ、個人情報や直接関係しない回答を除いたデータを頂けることになった。この変更によって、データの制約は生じたものの、研究にかかる経費を大幅に圧縮することができた。ただし、提供を受けた2017年度のまちなか生活実態調査のデータに不足する情報を補完する必要がある。中でも、買い物の不便さ、困難さについて客観性を確保する工夫が必要になる。そこで調査対象地区内の高齢者の状況を詳細に把握している民生委員に協力を依頼し、彼らに対して調査票調査及び聞き取り調査を実施した。また、移動販売や宅配も含めた買い物施設の立地環境や提供サービス内容の把握をフィールドワークによって行い、対象地区の住民がよく利用する買い物施設に対しても買い物支援の実施・検討状況等について聞き取り調査を行った。さらに、自治体がまちなかの買い物困難者の実態を詳細に把握しようとした事例として八王子市の実態調査について聞き取りを行った。

本研究で対象とした地区の概要を記す。鳥取市の中心市街地の一地区で、人口はおよそ4,500人、高齢化率は27.9%、65歳以上世帯は524である（2015国勢調査）。地区内に買い物施設はなく、買い物は不便な環境である。週に2回、近くの買い物施設から移動販売車が来て商品の販売を行っている場所もある。また、100円バスが頻繁に循環しているので、これに乗車すれば2 km先にある大型の買い物施設まで行くことができる。

3. 調査結果

3.1. まちなか生活実態調査の分析

まちなか生活実態調査は、鳥取県元気づくり総本部とっとり暮らし支援課が5年ごとに実施している調査である。本研究の対象地区で、この調査の対象世帯となった65歳以上の世帯数は68である。このうち、後期高齢者に当たる75歳以上は46.6%、家族構成は一人暮らしが35.2%、夫婦が39.7%、親子が16.1%であった。調査には買い物についての設問が4つあり、運転免許の有無と合わせて単純集計したものが表1である。表1から自動車免許を持っている世帯（48.5%）、日常的に利用する店舗までの距離（500m以内23.5%、1 km以内30.8%、5 km以内32.3%）、店舗までの移動手段（徒歩23.5%、自転車19.1%、バス2.9%、自分の車32.3%）など地区の高齢者の状況がわかる。

クロス集計によると、店までの距離が500m以上離れていると回答した高齢者45世帯のうち買い物へ自家用車以外の移動手段を用いているのは18世帯である。この中でバスを利用しているのは2世帯のみである。つまり対象地区では、自宅と買い物施設との距離が遠いにもかかわらず買い物にバスを利用している人が少ない。バスを利用しない理由は、身体的な理由を挙げた人よりも、バス停が遠い、行きたい場所を通らない、本数が少ないといった理由を挙げた人が多かった。このことからバスを利用したいとは思っているが、利便性が低いため利用せずにいる高齢者が多い可能性が考えられる。また性別によるクロス集計から、男性で配達サービスの利用に対して意欲的な人は7人、消極的な人は

表1 食料品や日用品の調達状況（世帯主が回答者）

①食料品や日用品の調達主									
世帯主	世帯主の配偶者	世帯主の親	世帯主の子	その他	無回答	合計			
35(51.5%)	22(32.4%)	0(0.0%)	6(8.8%)	2(2.9%)	3(4.4%)	68(100%)			
②自動車免許の有無									
持っている		持っていない		無回答		合計			
33(48.5%)		32(47.1%)		3(4.4%)		68(100%)			
③買い物頻度									
毎日（ほぼ毎日）	週に2、3日程度	週に1日程度	その他		無回答	合計			
24(35.3%)	30(44.1%)	11(16.2%)	1(1.5%)		2(2.9%)	68(100%)			
④日常的に利用する店舗までの距離									
500m以内	1km以内	5km以内	5km以上		無回答	合計			
16(23.5%)	21(30.8%)	22(32.3%)	2(2.9%)		7(10.3%)	68(100%)			
⑤店舗までの移手段									
徒歩	自転車	バス	タクシー	バイク	自分の車	家族の車	その他	無回答	合計
16(23.5%)	13(19.1%)	2(2.9%)	1(1.5%)	1(1.5%)	22(32.4%)	6(8.8%)	1(1.5%)	6(8.8%)	68(100%)

27人。女性で積極的な人は10人、消極的な人は13人であった。男性が36人、女性が26人であることからこの地区では男性の方が買い物支援の利用に対して消極的な人が多いといえる。

3.2. 民生委員への調査

客観的に見て買い物困難と判断できる高齢者を把握するため、対象地区の民生委員10名²に対し、担当地区における買い物困難者について調査票調査を行った。この結果から、民生委員からみて買い物の際に何かしら（第三者）の支援が必要な「買い物困難者」は、各町で5～8名であることがわかった（図1）。これは、国などが示す買い物困難者の推計値と比較するとかなり少ない。続いて、調査票調査に協力を得られた10名の民生委員のうち3名の民生委員に対し、調査票の回答内容や実際の買い物困難者の様子などについて聞き取り調査を実施した。その結果、道路が歩きにくいことが外出の困難さの要因となっていることや、民生委員から特定の民間の買い物支援サービスの紹介は難しいこと、買い物支援サービスの情報が行き届いていないことなどがわかった。

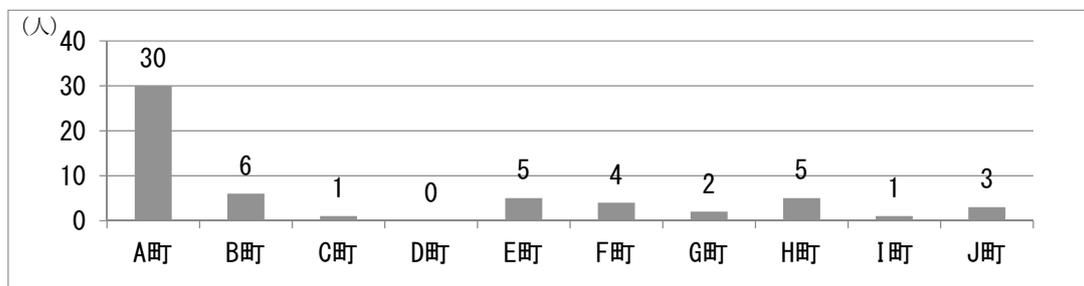


図1 現在買い物はできているが買い物支援が必要だと思われる高齢者数³

²対象地区には13名の民生委員がいる。それぞれ地区内で担当エリアを持ち、高齢者の生活を支えている。本調査に協力いただいた民生委員は10名である。

³A町のみ突出した数値となっているが、これは民生委員の認識の差によるものである。これは後の聞き取り調査からも確認できた。

3.3 八王子市に対する事例調査

八王子市は、本研究で試みた調査票調査と聞き取り調査を組み合わせ市民の買い物実態の把握を行っていた自治体である。八王子市によると、かつて開発された住宅団地では、団地内に出店していたスーパーが全て撤退し買い物困難者がみられるという。撤退の原因は住民の高齢化に付随して起きる購買力の低下であるとのことである。本研究から見て重要な点は、これらの実態調査によって、市は客観的に買い物困難者を把握できたか、である。調査を行うにあたって八王子市は、買い物困難者の定義付けはしないが、買い物がただ面倒だから不便だと言っている人と、実際に不便である人を区別するよう調査会社に依頼したという。その結果、客観的に把握することは困難であったが、2つの調査から得られた傾向として、年齢層によって区別することで一定の客観性を持たせることができる、としている。

4. 考察および今後の課題

ここまで、本研究において実施した調査ならびに調査結果について述べてきた。本研究によって対象地区の買い物困難者に関して以下の点を明らかにすることができた。1つは、まちなか生活実態調査において農林水産省の買い物困難者の定義（自宅から最寄りの買い物施設（生鮮食料品店）までの距離が500m以上離れており、自動車運転免許を持たない高齢者（農林水産省））に当てはまる買い物困難者は16世帯（地区全体に割り戻すと124世帯）あるが、民生委員目線からみた買い物困難者はそれより少ない（およそ80名）ことである。2つは、歩行環境が高齢者の外出を阻む要因となり買い物困難につながっていること、3つは、高齢者の買い物支援サービス利用意向が低かった理由は民間の買い物支援サービスを知らなかったためであり、買い物支援サービスの認知度を上げることが利用を促すうえで重要であることである。

一方で調査方法について課題も明らかになった。民生委員という客観的な視点を導入したといいつつも、民生委員からみた買い物困難者はなお主観的である。実際、本調査に協力していただいた10名の民生委員の中でも、それぞれの持つ買い物困難者の基準が若干バラついていた。この点については事前にワークショップ等を行って情報共有や共通理解を深めるなど工夫が考えられるが、民生委員も多忙であり、負担となるような協力を要請することはためられる状況である。ただし、親類や近隣からの買い物支援の有無などについては正確に把握できたため、負担を限りなく少なくする形でこの手法をさらに改善し、客観性を高めることを検討する必要がある。

最後に、本研究を実施するうえで協力してくれたゼミ生の前畑直人、山崎康代の両名、鳥取県元気づくり推進局とっとり暮らし支援課の前田耕次様、調査対象地区の民生委員の皆様がこの場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 倉持 裕彌、谷本 圭志、土屋 哲：中山間地域における買い物支援に関する考察：移動販売に着目して、社会技術研究論文集、11:33-43、2014
- [2] 武田 彬奈、小松 泰信、横溝 功：中山間地域における買い物弱者の現状と対策、農林業問題研究、47(2):255-259、2011

マイクロ波照射を用いた下水汚泥からの エネルギー回収システム

戸 莉 丈 仁

1. はじめに

地域で発生する有機性廃棄物からエネルギーを回収し、有効活用する技術の開発が求められている。特に中小規模の地方自治体では下水汚泥やその他有機性廃棄物の処理に多大なコスト負担が生じており、地域で発生する有機性廃棄物からのエネルギー回収は持続可能な社会の構築に大きく寄与できる。その中でも下水汚泥は安定的に、大量に、かつ、比較的均質に発生する非常に有用なバイオマスといえる。下水汚泥の年間発生量は固形物量ベースで約227万tであり、建設資材、固形燃料、緑農地利用などのマテリアル利用の指標である下水汚泥リサイクル率は68%であるが、下水汚泥中の有機分の有効利用率であるバイオマス利用率はバイオガス13%、汚泥燃料等3%、農業利用10%であり、未利用分が75%となっている（国土交通省、2017）。下水汚泥をマテリアルとして建設資材等に利用するリサイクル利用率は比較的高いが、下水汚泥中の有機分については、まだ有効利用の余地が多く残されている。

近年、下水汚泥からエネルギー回収が可能な処理方式として、嫌気性消化が注目を集めている。嫌気性消化は、酸生成菌およびメタン生成古細菌によって、基質中の有機分を分解し、メタンと二酸化炭素を主成分とするバイオガスを発生させる処理方式である。従来は汚泥発生量の低減を目的として行われてきた処理であるが、バイオガス中のメタンは可燃性であり、発電や熱利用が可能なため、エネルギー回収が可能な処理方式として再注目されている。これまで、嫌気性消化における下水汚泥の分解率、バイオガス発生率の向上を目的に、前処理として熱処理(Val del Rio A et al.,2011)、水熱処理(Qiao W et al.,2011)、オゾン処理(Weemaes M et al.,2000)および超音波処理(Bougrier C et al.,2006)などが提案されてきたが、実設備での普及促進に至っていない。これは下水汚泥処理では、日々発生する下水汚泥に対して連続処理が求められること、下水汚泥は比較的粘度が高く、均一な処理を行うために攪拌等が必要なことなどが理由として想定される。

本研究では嫌気性消化の前処理としてマイクロ波照射に着目した。マイクロ波は極性分子にのみに選択的に作用し、かつ、内部からの均一作用が可能なため、攪拌が不要であり下水汚泥の処理に適していると考えた。著者らはこれまでに、生分解性が低く、低含水率のオキシデーションディッチ脱水汚泥（OD脱水汚泥）を対象に前処理としてマイクロ波照射を行い、ガス発生量が増加することを明らかにするとともに、実証試験により、マイクロ波前処理の有効性を確認した(Togari et al.,2016)。一方で、標準活性汚泥法から発生する余剰汚泥においても、生分解性は小さく、マイクロ波照射による効果が見込まれる。鳥取市秋里下水終末処理場で発生する余剰汚泥に対し、マイクロ波照射および回分式消化実験を行うことで、標準活性汚泥法の余剰汚泥に対する適用性を検証するとともに、最適な処理条件について検討を行った。

2. 実験方法

2.1. 実験に用いた汚泥

種汚泥は鳥取市秋里下水終末処理場の高温消化槽から引き抜いた消化汚泥を用いた。また、基質として同処理場の最初沈殿池から引き抜いた生汚泥、最終沈殿池から引き抜いた余剰汚泥、一度消化工程を経てベルトプレス脱水機で脱水された消化脱水汚泥の3種類を用いた。表1に各基質の性状を示す。

表1 各基質の性状

汚泥種別		TS濃度(%)	VS濃度(%)	VTS (VS/TS)
種汚泥	消化汚泥	2.3	1.8	0.78
基質	生汚泥	1.1	0.9	0.82
	余剰汚泥	2.7	2.3	0.85
	消化脱水汚泥	16.7	12.9	0.77

2.2. 実験方法および実験条件

本研究では、マイクロ波未照射の汚泥およびマイクロ波照射後の汚泥を用いてシリーズI～IVの回分式消化実験を実施した。各シリーズの実験条件を表2に示す。マイクロ波照射には図1に示すマイクロ波照射装置（四国計測工業、 μ Reactor EX、周波数2.45GHz、最大出力1000W）を用いた。回分式消化実験には100mLプラスチック製シリンジを用い、基質2g～10gに種汚泥30mLを加え、恒温振とう水槽で高温条件（55℃）、20日間150rpmで振とう培養し、ガス発生量を測定した。ブランクとして消化汚泥のみを投入した系も準備した。シリーズIでは生汚泥、余剰汚泥、消化脱水汚泥のバイオガス生成ポテンシャルを測定した。シリーズIIでは余剰汚泥に対し、マイクロ波照射を行いバイオガス発生量の増加効果を確認した。シリーズIIIでは消化脱水汚泥に対しマイクロ波照射を行い、再度消化を行うことを試みた。また、マイクロ波照射時の固形物濃度を調整し、変化させることで最適な照射時含水率の検討を行った。シリーズIVではマイクロ波照射の照射条件（照射強度、照射時間）を変更し、その効果の違いを検証した。

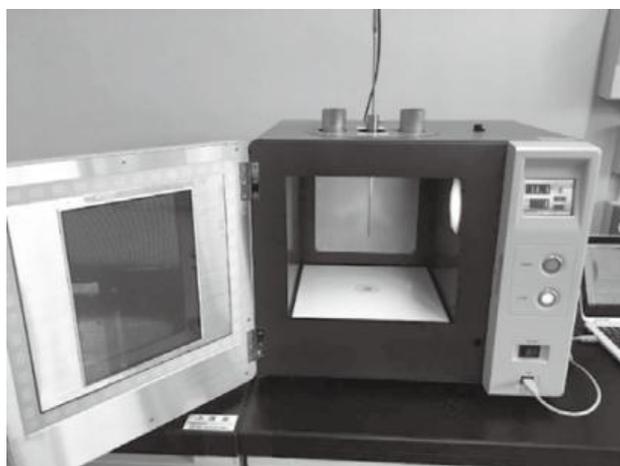


図1 マイクロ波照射装置

表2 実験条件

シリーズ	温度	基質	反応槽	MW照射条件	照射対象物 制御温度	照射対象 污泥重量
I	55°C	生污泥	100mLシリンジ	-	-	-
		余剰污泥		-	-	-
		消化脱水污泥		-	-	-
II	55°C	余剰污泥	100mLシリンジ	-	-	-
		余剰污泥		500W 10min	55°C	50g
III	55°C	消化脱水污泥	100mLシリンジ	-	-	-
		消化脱水污泥 (TS2%)		1000W 1min	90°C	固形物量5g
		消化脱水污泥 (TS5%)		1000W 1min	90°C	固形物量5g
		消化脱水污泥 (TS8%)		1000W 1min	90°C	固形物量5g
		消化脱水污泥 (TS10%)		1000W 1min	90°C	固形物量5g
		消化脱水污泥 (TS13%)		1000W 1min	90°C	固形物量5g
		消化脱水污泥 (TS15%)		1000W 1min	90°C	固形物量5g
IV	55°C	消化脱水污泥	100mLシリンジ	-	-	-
		消化脱水污泥		1000W 1min	90°C	150g
		消化脱水污泥		500W 2min	90°C	150g
		消化脱水污泥		100W 10min	90°C	150g

3. 実験結果

3.1. 各基質のバイオガス生成ポテンシャル測定

各基質のバイオガス生成ポテンシャルの実験結果を表3に示す。最初沈殿池から引き抜いた生污泥は好気性処理を行う前の污泥であり生分解性は大きい、一方、最終沈殿池から引き抜いた余剰污泥は好気性分解を経て発生した污泥であり、生分解性は小さい。本研究における回分式消化実験の結果においても同様の結果が確認され、VS1gあたりのバイオガス生成量は生污泥が611NmL、余剰污泥が277NmLとなった。また、消化脱水污泥からのバイオガス発生量は、完全混合方式の消化槽からの引抜であるため、未消化成分からのガス発生量であると考えられ、シリーズⅢ、Ⅳにおいても発生量のばらつきが確認された。

表3 バイオガス生成ポテンシャル

污泥種別	バイオガス発生量 (NmL/g-TS)	バイオガス発生量 (NmL/g-VS)
生污泥	504	611
余剰污泥	236	277
消化脱水污泥①	68	90
消化脱水污泥②	40	62

*消化脱水污泥①、②はそれぞれシリーズⅢ、Ⅳにおける測定値

3.2. 余剰污泥に対するマイクロ波照射実験 (シリーズⅡ)

余剰污泥にマイクロ波照射を実施し、バイオガス生成量を測定した結果を表4に示す。余剰污泥50gへの500W10分のマイクロ波照射により溶存態有機炭素量 (DOC) が7 mg/g-TSから25mg/g-TSに増加した。未照射余剰污泥のバイオガス発生量277NmL/g-VSに対して、マイクロ波照射余剰污泥から

のバイオガス発生量は386NmL/g-VSとなり、109NmL/g-VS増加する結果となった。投入エネルギーは233kJ/g-TSであった。バイオガス発生量はマイクロ波照射により約1.4倍に増加しており、マイクロ波照射による余剰汚泥の生分解性の向上の可能性が示された。

表4 余剰汚泥に対するマイクロ波照射効果実験結果

CASE	汚泥	制御温度(℃)	処理対象汚泥量	温度制御方法	処理時間(min)	処理前TS(%)	処理後TS(%)	VS/TS	ガス発生量(Nml/g-VS)	ガス発生増加量(Nml/g-VS)	DOC(mg/L)	DOC(mg/g-TS)	投入エネルギー(kJ/g-TS)
1	余剰汚泥	55	50g	繰返し照射(間欠照射)	10	2.7	2.6	0.82	386	109	694	25	233
2		-	-	未照射	-	-	-	0.85	277	-	42	7	-
種汚泥						2.3	-	0.79	-	-	-	-	-

3.3. 消化脱水汚泥に対するマイクロ波照射効果実験(シリーズⅢ)

消化脱水汚泥マイクロ波照射実験結果を図2に示す。消化脱水汚泥の固形物濃度を2%、5%、8%、10%、13%、15%に調整し、それぞれ固形物量5gに対し1000W 1分の条件でマイクロ波照射を行った結果、未照射汚泥からのバイオガス発生量は90NmL/g-VSであったのに対し、最もバイオガス発生量の大きかった固形物濃度10%での条件では177NmL/g-VSとなり、最大で87NmL/g-VSのバイオガス発生量の増加が確認された。消化脱水汚泥からのバイオガス発生量は、完全混合方式の消化槽から引き抜いた消化汚泥を用いているため、消化槽内の未消化成分からのバイオガス発生量によるものと考えられるが、マイクロ波照射が、未消化成分以外の生分解性の小さい成分に作用し、バイオガス発生量が向上したと考えられる。また、照射時汚泥の固形物濃度による影響について、固形物濃度10%のケースで最も大きなバイオガス発生量が確認された。マイクロ波は極性分子である水分子に作用するため、固形物濃度が小さい(含水率が大きい)と下水汚泥固形分の周囲の水の加熱にエネルギーを消費し、効果が小さくなると想定したが、逆に固形物濃度が13%、15%と大きくなった場合(含水率が小さくなった場合)にもバイオガス発生量が小さくなった。これらの結果から、下水汚泥へのマイクロ波照射においては、含水率の影響が大きいことが確認された。

3.4. マイクロ波照射条件変更実験(シリーズⅣ)

マイクロ波照射条件変更実験の結果を表5に、DOCとバイオガス発生量の関係を図3に示す。

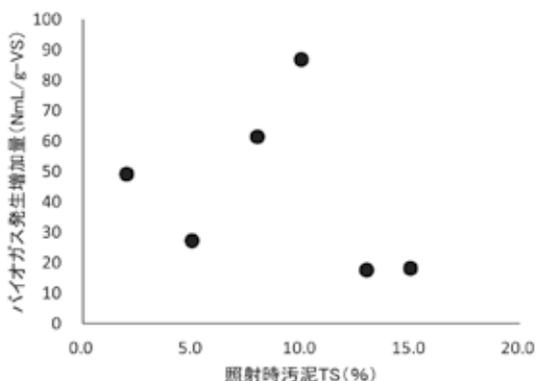


図2 消化脱水汚泥マイクロ波照射実験結果

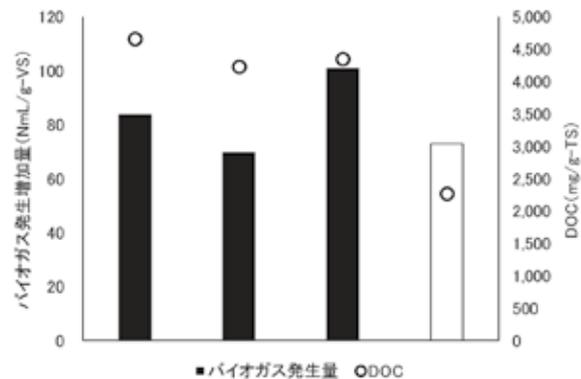


図3 DOCとバイオガス発生量の関係

表5 マイクロ波照射条件変更実験の結果

CASE	Power (W)	Time (min)	TS (%)	VS (%)	VTS	Energy (J)	Energy (J/g-VS)	温度 (°C)	照射後 TS (%)	照射後 VS (%)	照射後 VTS	DOC (mg/g-TS)	バイオガス発生量 (N ml/g-VS)	バイオガス発生増加量 (N ml/g-VS)
0	種汚泥		2.0	1.3	0.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	1000	1	16.7	12.9	0.77	60,000	3,101	90°C以下	23.4	18.1	0.78	4,662	84	11
2	500	2	16.7	12.9	0.77	60,000	3,101	90°C以下	19.1	14.8	0.78	4,232	70	-3
3	100	10	16.7	12.9	0.77	60,000	3,101	90°C以下	17.8	13.8	0.77	4,351	101	28
4	未処理		16.7	12.9	0.77	-	-	-	-	-	0.77	2,271	73	-

消化脱水汚泥へのマイクロ波照射において、投入エネルギーを3,101J/g-VSとし、照射強度を100W、500W、1000W、照射時間をそれぞれ10分、2分、1分に変化させた。未照射汚泥からのバイオガス発生量は73NmL/g-VSであったのに対し、マイクロ波照射汚泥からのバイオガス発生量は100W10分のケースで101NmL/g-VSと最も大きな値となった。1000W 1分では84NmL/g-VSとなったが、500W 2分においては70NmL/g-VSと未照射汚泥に対するバイオガス発生量の増加が確認されない結果となった。いずれの条件においても照射によりDOCの増加が確認されたが、DOCの増加とバイオガス発生量の増加の間には明確な関連性が見られなかった。また、照射強度および照射時間とバイオガス発生増加量の間にも明確な関連性は見られなかった。今回のマイクロ波照射では投入エネルギーは同じで照射強度や照射時間を変化させたが、実際に汚泥に吸収されたエネルギーは必ずしも投入エネルギーと同等ではなく、照射強度、照射時間、汚泥性状などにより差異が生じたのではないかと考えられる。

3.5. マイクロ波照射システムの評価

マイクロ波照射による効果を試算した。対象汚泥は生分解性の小さな余剰汚泥とし、嫌気性消化槽への投入前に前処理として実施することを想定した。前処理条件としては固形物濃度10%での照射とし、ガス発生量の増加は50%とした。また、発生したバイオガスは発電を行うこととし、バイオガス中のメタン濃度は生汚泥と余剰汚泥の中間程度の値として65%（野池ら2009）に設定し、発電効率は35%（矢田部 2015）とし、売電単価は固定価格買取制度の39円/kwhを用いた。比較対象としてマイクロ波照射前処理を実施しない場合に加えて、嫌気性消化を実施しない場合も加えた。また、脱水汚泥の処分費は16,000円/t（国土交通省 2017）、運搬費は処理場の場所によって異なるがここでは5,000円/tとし、併せて21,000円/tを脱水汚泥の運搬処分費とした。また、投入エネルギーはシリーズIVで用いた有機物1gあたり3,101Jの条件と同等とした。下水汚泥1tあたりの試算結果を表6および図4に示す。嫌気性消化を用いない場合と比較して、マイクロ波前処理を用いず、消化脱水汚泥を運搬処分する場合は13,795円のコスト縮減効果、マイクロ波前処理を用いた場合は15,295円のコスト縮減効果がある結果となった。

表6 下水汚泥1tあたりのマイクロ波照射効果試算結果

項目		消化なし	消化あり MW前処理無	消化あり MW前処理有
試算結果	分解VS量	(t)	-	0.04
	ガス発生量	(Nm ³)	-	21
	発生熱量	(MJ)	-	489
	発電量	(kwh)	-	48
	汚泥脱水処理量	(t-DS)	-	0.07
	脱水処理消費電力量	(kwh)	-	1.8
	消費電力量	(kwh)	-	1.8
	消費熱量	(MJ)	-	6.5
	脱水汚泥量	(t)	-	0.43
	売電収入	(円)	-	1,852
	買電支出	(円)	-	27
	汚泥処分費	(円)	21,000	9,030
	温度上昇獲得熱量	(MJ)	-	-
前処理効果	正味獲得熱量	(MJ/t)	0	482
	正味発電収入	(円)	0	1,825
	汚泥処分費削減効果【消化なしと比較】	(円)	0	11,970
	コスト改善効果	(円)	0	13,795

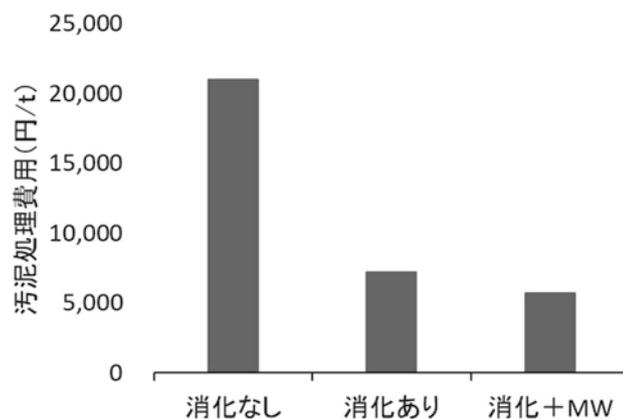


図4 下水汚泥1tあたりのマイクロ波照射効果試算結果

マイクロ波前処理の有無による下水汚泥1tあたりのコスト縮減効果の比較では、マイクロ波照射により、1,500円のコスト縮減効果がある結果となった。施設整備にはコストが生じるため、インシヤルコスト（建設コスト）と維持管理コストを併せて評価する必要があるが、例えば鳥取市の秋里下水終末処理場では年間37,792t（平均固形物濃度4.7%）の余剰濃縮汚泥が発生しており（国土交通省2017）、これを固形物濃度10%として換算し計算すると余剰汚泥由来の脱水汚泥量が21%低減し、後段の焼却処理等に用いられる燃料使用量等の部分でコスト縮減が可能となる。また、現在、鳥取県内で嫌気性消化処理を実施している下水処理場は2箇所のみであり、マイクロ波照射により、更なるコスト縮減が見込まれれば、嫌気性消化による下水汚泥からのエネルギー回収の今後の鳥取県内処理場への普及の助けとなると考えられる。

4. まとめ

本研究では、鳥取市秋里下水終末処理場から発生する生汚泥、余剰汚泥、消化脱水汚泥を用いてマイクロ波照射による嫌気性消化前処理効果の検討を試みた。以下に得られた成果を示す。

- 1) 余剰汚泥、消化脱水汚泥へのマイクロ波照射により、未照射汚泥と比べてそれぞれ最大で109NmL/g-VS(1.4倍)および87NmL/g-VSのガス発生量の増加が確認された。
- 2) 照射対象汚泥の含水率を変化させた実験の結果より、含水率10%程度で最もガス発生量の増加が大きい結果となった。
- 3) 投入エネルギーを固定し、照射強度と照射時間を変化させた実験では、照射強度、照射時間およびDOCとガス発生増加量の間には明確な傾向が見られなかったが、照射強度や照射時間、汚泥性状などにより、投入エネルギーと吸収エネルギーに差異が生じることが原因と考えられた。
- 4) マイクロ波照射効果の試算により、マイクロ波照射を用いない嫌気性消化処理に比べ、下水汚泥1tあたり1,500円のコスト縮減効果が確認された。

これらの結果より、マイクロ波照射は嫌気性消化の前処理として有用性が確認されたとともに、消化汚泥にマイクロ波照射を行い、再度消化工程に投入するシステムの可能性も示された。しかし、最適な照射条件については、さらなる検証が必要と考えられる。

5. 謝辞

本研究を実施するにあたり、鳥取市環境下水道部下水道管理室および公益財団法人鳥取市環境事業公社の皆様には下水汚泥試料の提供等において多大なるご理解とご協力を賜りました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- [1] 国土交通省：水管理・国土保全局下水道部HP
- [2] Val del Río A, Morales N, Isanta E, Mosquera-Corral A, Campos JL, Steyer JP, Carrère H : Thermal pretreatment of aerobic granular sludge: impact on anaerobic biodegradability. *Water Res.*, 45(18), 6011-6020,2011.
- [3] Qiao W, Yan X, Ye J, Sun Y, Wang W, Zhang Z : Evaluation of biogas production from different biomass wastes with/without hydrothermal pretreatment. *Renew. Energy*, 36, 3313-3318, 2011.
- [4] Weemaes M, Grootaerd H, Simoens F, Verstraete W : Anaerobic digestion of ozonized biosolids. *Water Res.*,34, 2330-2336, 2000.
- [5] Togari, T., R. Ikemoto, H. Ono, K. Takashima, R. Honda, K. Tanaka : Effects of Microwave Pretreatment of Dewatered Sludge from an Oxidation-Ditch Process on the Biogas Yield in Mesophilic Anaerobic Digestion. *Journal of Water and Environment Technology*, Vol.14, No.3, 158-165, 2016.
- [6] 矢田部 桂：新潟県における“バイオガス発電”の取組～産官学連携による小型消化ガス発電機の開発～、再生と利用 39(146): PP87-90、日本下水道協会、2015

-
- [7] 野池達也、落修一、河野孝志、佐藤和明、渋谷勝利、松本明人、安井英斉、李玉友:メタン発酵、技報堂出版、2009
- [8] 国土交通省:下水汚泥エネルギー化技術ガイドライン、2017
- [9] 国土交通省:下水道統計H26、2017

鳥取県東部地域におけるシカの分布と森林の食害状況

笠木 哲也

1. はじめに

近年、日本では全国的にニホンジカ *Cervus nippon* (以下、シカ) の個体数が増加しており、農林業被害だけでなく、森林植生の被害も各地で進行している (例えば、藤井2010、藤木ら2011)。鳥取県内では、シカは1970年代には県東部の山間部と県中部の一部に限定的に分布するのみであったが、2000年代には県東部では全域に分布が広がり、さらに県中部や県西部でも分布が確認される場所が増加した (鳥取県2015)。2015年5月に鳥取県が発行した文書では、県東部の森林における植生被害、特に兵庫県境と岡山県境付近の山岳地域におけるササ等の下層植生の食害の進行とともに、氷ノ山後山那岐山国定公園特別地域における林床の裸地化が報告された (鳥取県2015)。また、2013年に調査を行った川嶋ら (2016) も、県東部の南エリアにあたる八頭町、若桜町、智頭町の森林における深刻な植生被害を報告している。シカの糞塊密度は生息密度の指標となるが (濱崎ら2007)、深刻な植生被害が報告された県東部の南エリアは、2008年の時点では既にシカが高密度で生息していたことが鳥取県による糞塊密度調査の結果から推測される (鳥取県2015、2017)。県東部の南エリアの森林における激しい植生被害は、長い年数に渡って高密度のシカが定着してきた結果と考えられる。

一方、県東部でも北エリアにあたる鳥取市、岩美町、八頭町北部ではシカの生息密度が2010年以降に急激に上昇してきたことが糞塊密度調査の結果から推測される。また、糞塊密度は年度を追って上昇傾向にあり、2015年時点では既に南エリアのレベルに近づきつつある (鳥取県2017)。このような状況にある県東部の北エリアではシカが急速に森林を利用し始めている可能性があり、今後の植生被害の進行が懸念される。シカによる森林植生の食害の進行パターンを明らかにするためには、シカの分布が拡大傾向、あるいは生息密度が上昇傾向にある地域でのモニタリングが必要であり、鳥取県東部地域の北エリアの現状はモニタリングに適した状況にあると考えられる。

本研究では、シカの生息密度が上昇傾向にある地域の森林の被害状況を把握するため、鳥取市南部から八頭町北部にかけての範囲の森林で糞塊密度と樹皮剥皮、枝葉食害、ササ食害の関係を調査した。

2. 方法

2.1. 調査地

鳥取県鳥取市から国府町、八頭郡八頭町にかけての南北約4 km、東西約6 kmの範囲を調査地とした (図1)。調査地の西端には南北方向に国道29号とそれに並行してJRの線路が通っており、シカの大きな移動を妨げている。また北端と南端も河川 (それぞれ袋側、私都川) と県道、農地によってシカの大きな移動が妨げられる。調査地の中央を東西方向に尾根が走り、西 (調査地内の最低標高は約40m) から東に向かって標高が高くなり (調査地内の最高地点は標高約317m)、扇ノ山 (標高1,310m) まで続く。調査区内の主要な尾根に沿って10×10mの調査プロットを128ヶ所に設置した。各調査プ

ロットで胸高直径1.5cm以上の樹木について毎木調査を行い、胸高断面積合計が最大の樹種をそのプロットの森林タイプとした。森林タイプはアカマツ林タイプ（12プロット）、ナラ林タイプ（57プロット）、落葉広葉樹林タイプ（11プロット）、常緑広葉樹林タイプ（13プロット）、人工林タイプ（33プロット）の5タイプに分類した。

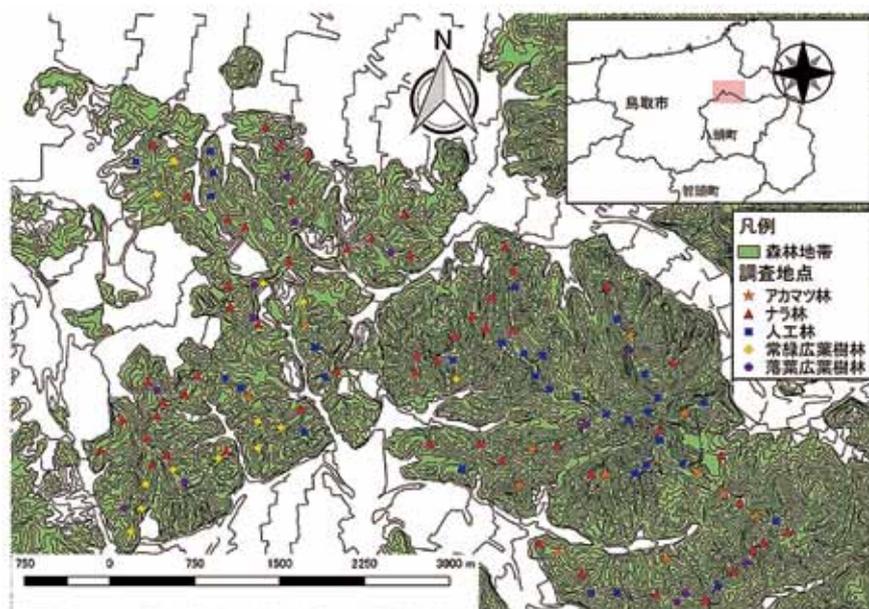


図1 調査地の位置と調査プロットの配置

2.2. 糞塊調査と食害調査

各プロットにおけるシカの生息密度の指標とするため、2017年10月に糞塊調査をした。各調査プロットに隣接する形で長さ100m、幅2mのラインを設置し、シカの糞塊数をカウントした。

調査プロット内に生育する樹高150cm以上の樹木について樹種と胸高直径を記録した。シカによる樹皮剥皮が確認された樹木について剥皮面積を測定した。また、調査プロット内に生育する樹高20cm以上の全樹木について樹種と枝葉食痕の有無を記録した。各プロットでササの被度と食害のレベルを記録した。

3. 結果

3.1. 調査地の概況と糞塊密度

全調査プロットを通して110種の本木植物が確認された。アカマツ林タイプ(12プロット)では38種、ナラ林タイプ（57プロット）では75種、落葉広葉樹林タイプ（11プロット）では45種、常緑広葉樹林タイプ（13プロット）では44種、人工林タイプ（33プロット）では36種の本木植物が確認された。全調査プロットの平均糞塊数は 7.0 ± 8.1 個であった。全プロットの糞塊数データをもとに、地理情報システム (QGIS2.14.18) を用いてIDW (Inverse Distance Weighting : 逆距離加重補間法) によって調査地内の糞塊の分布を推定して平面図に示した (図2)。調査地内では、糞塊数は東寄りのプロットほど多い傾向があった。

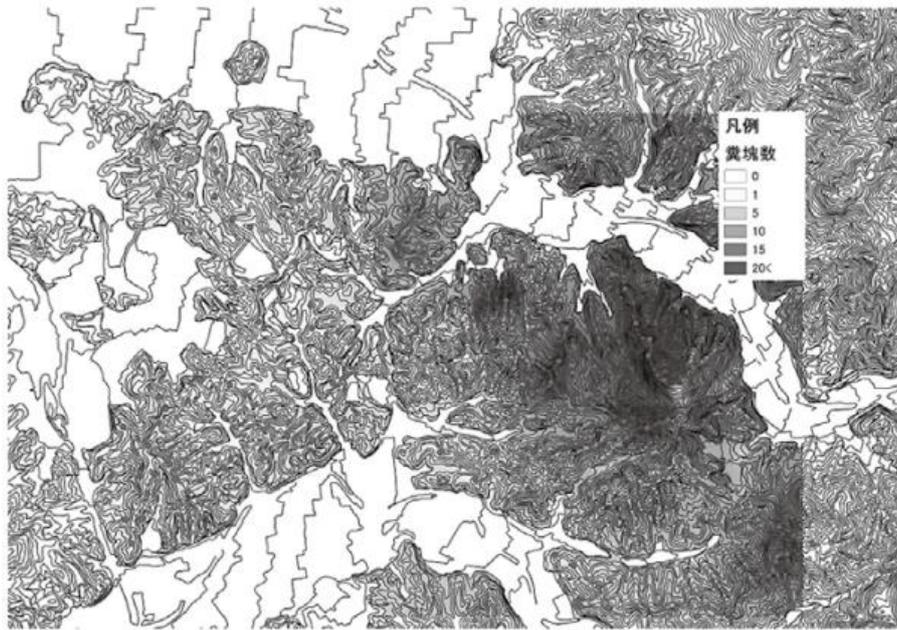


図2 糞塊の分布

3.2. 食害の状況

樹木の枝葉食痕は全プロットを通して73種の樹種で確認された。調査地内の広い範囲のプロットで高い枝葉食痕率が認められたが、東寄りのプロットほど食痕率が高い傾向があった(図3)。シカが採食可能な高さ(約150cm)の枝葉を食べ尽くした森林に形成されるディアラインは調査地内では東寄りのプロットに限定的に見られた(図4)。樹皮剥皮は全プロットを通して47種の樹種で確認された。全プロットを通した樹皮剥皮のトータル面積はリョウブが最も多く、それに続いてヒノキ、ネジキが多かった。樹皮剥皮は調査地内の東寄りの限定的なエリアで多く確認された(図5)。ササは128プロットのうち90プロットに分布していたが、食痕は81プロットで確認された。調査地内ではササの食害率は東寄りのプロットほど高い傾向があった(図6)。

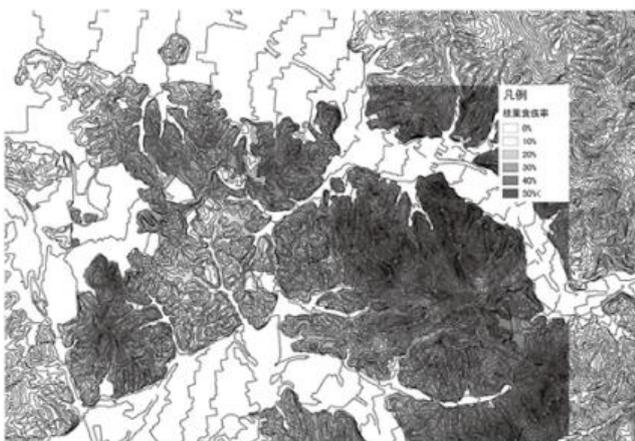


図3 枝葉食痕の分布

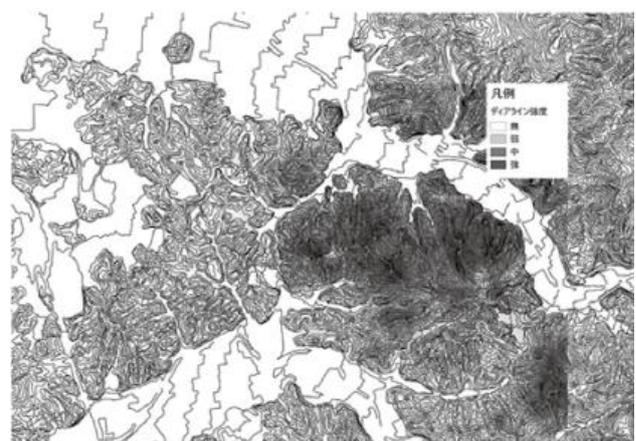


図4 デアラインの分布

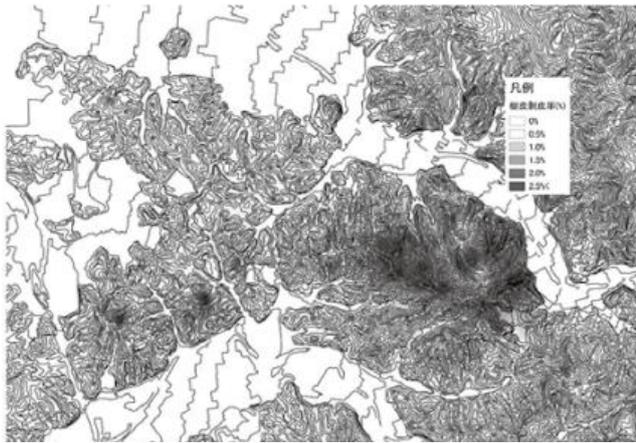


図5 樹皮剥皮の分布

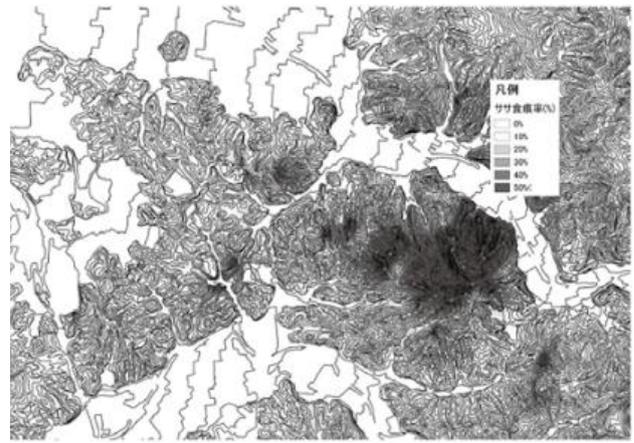


図6 ササ食害の分布

4. 考察

鳥取県の隣県である兵庫県では1990年代までは南但馬地域がシカの分布の中心であった（尾崎2001）。しかし、2000年代には鳥取県との県境に位置する氷ノ山山系の植生被害が顕著となり、これは隣接地域の高密度個体群が氷ノ山山系に進出したことが原因と推測された（藤木ら2011）。鳥取県東部の八頭地域では2000年代以前から既にシカによる林業被害があったが、近年になって被害が増加する傾向があり、特に2008年から2012年にかけて大きな林業被害が報告された（鳥取県2017）。また、兵庫県境と岡山県境付近の山岳地域ではササ等の下層植生が被害を受け、2010年頃までには氷ノ山後山那岐山国定公園特別地域では林床が食べ尽くされるような被害が出ていたことも報告されている。1978年の第2回自然環境保全基礎調査では既に鳥取県東部にシカが断片的に分布していたことが示されており、その個体群の内在的な密度が上昇した可能性もあるが、上記のような兵庫県と鳥取県東部の南エリアにおける時系列に沿った森林被害の進行状況は、兵庫県側から鳥取県東部地域へのシカの流入を示唆するものである。

扇ノ山も氷ノ山と同様に兵庫県との県境に位置する。扇ノ山の兵庫県側では植生の衰退はまだ深刻ではないが、シカの生息密度は高い（兵庫県2015）。本研究の調査地は扇ノ山のちょうど西側に位置し、東西方向に約6kmの幅がある。また、調査地の東端から扇ノ山までは約10kmの距離しかない。糞塊の分布から、調査地内では東寄りのプロットほどシカの生息密度が高いことが推測された。これらのことから、氷ノ山周辺の状態と同様に、扇ノ山の鳥取県側地域にも兵庫県側からシカ個体群が流入していると推測される。

本研究では樹木の枝葉食害は調査地内の全域で観察され、シカがこのエリアを広く行動範囲としていることが示された。枝葉食害の程度が東寄りのプロットほど高かったことはシカの生息密度の高さに起因するものと考えられた。ディアラインは枝葉食害が極度に進行したときに形成されるが、調査地内でのディアラインの分布は糞塊の分布と似た傾向であり、ディアラインはシカの生息密度の高さを示す指標となることが示された。樹皮剥皮の分布はディアラインの分布をさらに狭くした形となり、強度のディアラインが形成されるまでに樹木の枝葉が利用されてしまった場所でシカの樹皮剥皮が発生する傾向が強くなることが示唆された。以上の結果は、シカの生息密度に応じた樹木の利用頻度を

反映して枝葉食害、ディアライン形成、樹皮剥ぎの加速化というパターンで被害が進行していくことを示している。さらに、ササの食害レベルの分布も樹木の被害と同様に調査地内の東寄りの場所ほど高く、シカの生息密度を反映した。本研究によって、2007年時点で扇ノ山の西側地域ではシカの生息密度が高い地点が存在し、森林の植生被害が進行しつつあることが明らかになった。

本稿の執筆時にはデータ解析が終了しておらず、詳細な結果を示さなかった。シカの分布と森林植生の食害の進行パターンの関係を明らかにするためにデータの詳細な解析が必要である。今後、森林タイプ別（アカマツ林、ナラ林、落葉広葉樹林、常緑広葉樹林、人工林の5タイプ）のシカ食害の進行パターンの違いや、各調査プロットに生育していた植物種に対するシカを選択性、糞塊数と食害パターンの関係などについて解析を進める予定である。

本研究で、扇ノ山の鳥取県側でシカの生息密度が高くなっており、森林の植生被害も拡大しつつあることが明らかになった。本研究の調査地は扇ノ山から約10kmの距離があるが、すでに強度のディアラインが形成されている地点を確認した。扇ノ山に近いエリアは本研究では調査地としなかったが、著者は扇ノ山付近の森林でシカの激しい食害によって完全に裸地化した地点を多数確認している（図7に実例）。また、近年では鳥取県の中中部と西部でもシカの分布が拡大傾向にあり、大山の希少植物の食害の危険性も懸念されている（鳥取県2017）。著者は2017年の春、大山の標高1,000m前後の森林でシカの激しい食害によって林内が裸地化した地点を数ヶ所確認している（図8に実例）。



図7 扇ノ山付近（鳥取県側）の裸地化した森林



図8 シカ食害によって裸地化した大山の森林

シカによる森林被害は急速且つ急激に進行することが過去の事例から明らかであり（例えば、藤井2010、藤木ら2011）。一度大きな被害を受けた森林を元の状態に戻すことは極めて困難である。鳥取県の東部地域でも南エリアについてはシカによる森林被害が顕著で、その対策も講じられているが（例えば、氷ノ山国定公園シカ食害防止対策事業など）、シカの生息密度の上昇が予測される場所についても予防措置的な対策を強化する必要がある。シカの被害が深刻化する可能性のある県中部、県西部でも森林植生の被害状況をモニタリングしていく必要がある。

謝辞

本研究は平成29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。本研究では松本直輝氏

に野外調査を補助していただいた。

参考文献

- [1] 尾崎真也、塩見晋一、上山泰代：兵庫県南但馬地方におけるニホンジカの個体群動態（Ⅱ）-メスジカの狩猟が個体群に及ぼす影響-、森林応用研究、10：105-109、2001
- [2] 川嶋淳史、永松大：鳥取県東部におけるシカの採食による植生の被害状況、山陰自然史研究、12：9-17、2016
- [3] 鳥取県：鳥取県第二種特定鳥獣（ニホンジカ）管理計画、2015
- [4] 鳥取県：鳥取県第二種特定鳥獣（ニホンジカ）管理計画、2017
- [5] 濱崎伸一郎、岸本真弓、坂田宏志：ニホンジカの個体数管理にむけた密度指標（区画法、糞塊密度および目撃効率）の評価、哺乳類科学、47：65-71、2007
- [6] 兵庫県：第4期シカ保護管理計画、2015
- [7] 藤井伸二：芦生研究林枕谷におけるシカ摂食にともなう林床開花植物相の変化、保全生態学研究、15：3-15、2010
- [8] 藤木大介、岸本康誉、坂田宏志：兵庫県氷ノ山山系におけるニホンジカ *Cervus nippon* の動向と植生の状況、保全生態学研究、16：55-67、2011

不攪乱環境下における土壌有機物代謝過程の 分子動力的解析

角野 貴信・市川 裕一

1. 背景及び目的

現在、地球環境は人為的な気候変動下にあり、地域の生態系がこのような環境変動にどう反応するかを明らかにする必要がある。すなわち、年間約 120×10^9 tの炭素が植物により大気から固定され、植物と土壌からそれぞれ約 60×10^9 tの炭素が大気に放出されている現在の炭素循環過程に対して、気候変動が与える影響を予測する必要がある、 2344×10^9 tもの現存量を持つ土壌有機物（SOM）の動態解明が不可欠である。また、温暖化に伴うSOMの分解促進により、温室効果ガス濃度が上昇し、さらなる温暖化につながる「正のフィードバック」が懸念されており、このフィードバックの有無を明らかにするためにも、SOM分解・蓄積過程を分子レベルで解明する必要がある。しかしながら、SOMの複雑性と不均質性、土壌環境における干渉の大きさにより、研究の進展が遅れてきた。

一方、近年の測定技術と計算技術の進歩により、土壌中の有機化学的反応過程に関して実験と理論（メカニスティックモデル）の両面から非常に多くの知見が得られるようになってきた。土壌溶液のpHによって正電荷を発現しうる黒ボク土中の粘土鉱物は、有機物等の持つ負電荷を引き寄せる性質を持つため、有機物蓄積メカニズムの重要なファーストステップとなっているものの、メカニスティックモデルの構築はなされていなかった。よって本研究の目的は、土壌溶液の組成を変化させた際に発現する粘土鉱物の化学性が、負電荷吸着に与える影響を評価し、メカニスティックモデルを構築することである。

2. 試料及び方法

2.1. 試料

砂質土壌は、2017年11月2日に鳥取市浜坂の十六本松地区で採取し、室温で7日間風乾させたものを実験に供した。また、黒ボク土は、2.0mmで篩別した鳥取県大山放牧場で採取されたものを用いた。大山周辺では、比較的腐植に富み、強酸性を示す非アロフェン質黒ボク土が広く分布することが知られている（松山ら 1994）。

2.2. 方法

2.2.1. 風乾砂の圃場容水量

風乾砂の圃場容水量を明らかにするため、風乾砂3.5 gを 105°C で24時間絶乾させ、含水率を求めた。また、風乾砂15 gに脱塩水20mLを加え、1時間後の溶脱量も求めた。含水率及び1時間後の溶脱量から風乾砂の圃場容水量を算定した。以下のカラム試験では、風乾砂を圃場容水量条件下に保って試験を行うものとした。

2.2.2. カラム試験

本研究では、土壌中における黒ボク土の吸着特性を明らかにするためカラム試験を行った。カラム試験の概略図を図1に示す。カラムは直径3.0cm、長さ30cmのものを用いた。カラム下部にカット綿をフィルター材として敷き、内部には、黒ボク土2.0gと風乾砂150gを充填した。なお、硝酸カリウム (KNO_3) は風乾砂と混合し、また、黒ボク土のpHを下げるため、黒ボク土と硫黄華を混合した。硫黄華は固体であり、それ自体は酸性ではないが、土壌中の硫黄酸化菌のはたらきによって、硫酸に酸化される。硫黄華を土壌中に散布することは、緩衝能を受けにくいいため、穏やかにpHを下げることができる (服部ら 2008)。カラム内部の風乾砂は、脱塩水50mLで飽和させた。気象庁のデータによると、1981年から2010年までに

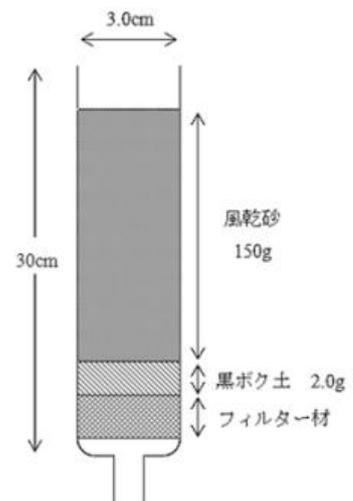


図1 カラム試験の概略図

における鳥取市の年降水量の平年値は1914mmとされているため、日降水量の平年値は5.2mmとなる。日降水量の平年値と使用したカラムのスケールを考慮し、3.7mL/dayの脱塩水を滴下して下部から溶液を溶脱させた。脱塩水を滴下する際は、蒸発した水の質量と同量の脱塩水を加えた。

試験時の条件を表1に示す。一般的な硝酸態窒素の施肥の適正値は、5.0 ~ 15mgN/土壌100gとされている (JA全農 2013)。しかし、北山ら (2014) は、ラッキョウの慣行栽培における硝酸態窒素の基肥量は8.0mgN/土壌100gであるが、基肥量を4.0mgN /土壌100gと半減させても収量に影響しないとしている。そこで KNO_3 の投入量は、適正値より少なめ (14.7mg NO_3^- /土壌150g) に設定した。

表1 試験条件

	風乾砂 (g)	KNO_3 (mg NO_3^-)	黒ボク土 (g)	硫黄華 (g)	滴下量 (mL/day)
No.1	150	14.7	0	0	3.7
No.2	150	0	2	0	3.7
No.3	150	0	2	0.1	3.7
No.4	150	0	2	0.2	3.7
No.5	150	14.7	2	0	3.7
No.6	150	14.7	2	0.1	3.7
No.7	150	14.7	2	0.2	3.7

2.2.3. イオン溶脱量及び溶脱溶液のpH

イオン溶脱量は、溶脱溶液を0.45 μm のメンブレンフィルターで濾過し、イオンクロマトグラフィー (HPIC : Thermo Dionex Integrion HPIC system) を用いて各種イオン濃度を測定した。また、溶脱溶液のpHはpHメーター (HORIBA D-21) を用いて測定し、pHから H^+ 量 (H^+ 溶脱量) を求めた。

2.2.4. 最大イオン溶脱量

以下の (1) 式より最大 NO_3^- 溶脱量 L_{max} 及び NO_3^- のイオン溶脱速度定数 k を推定した。ここで、 t は脱塩水の滴下開始日からの経過日数 (day)、 L は t 日目までの積算イオン溶脱量 (mg)、 L_{max} は最大

イオン溶脱量 (mg)、 k はイオン溶脱速度定数 (day^{-1}) である。また、 L_{max} 及び k は非線形最小二乗法により推定した。

$$L = L_{max} \{ 1 - \exp(-kt) \} \quad (1)$$

2.2.5. 統計解析

分散分析後の多重比較には、Tukeyのpost hoc testを用いた。また、線形回帰はExcelの回帰分析、非線形回帰はSYSTAT8 (SPSS Inc.) によって行った。

3. 結果

投入した NO_3^- の多くは3日目までに溶脱し (図2)、試料No.5~7の最大イオン溶脱量 L_{max} に有意な差は認められなかった (図3)。

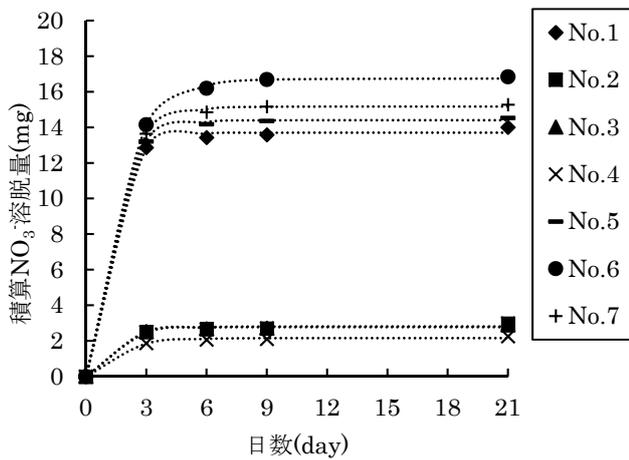


図2 積算NO₃⁻溶脱量

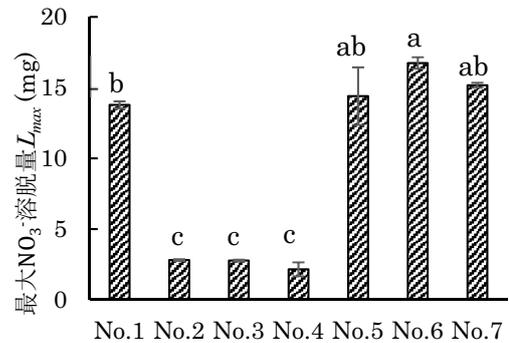


図3 最大NO₃⁻溶脱量 L_{max}

エラーバーは標準偏差を示す。同一英文字間に5%水準で有意差なし。

硫黄華0.2 gを投入した試料No. 4及びNo. 7の21日間の H^+ 積算溶脱量 H_{cum} は、試料No.3及びNo.6 (硫黄華投入量0.1 g) や試料No.2及びNo.5 (硫黄華投入量0 g) より有意に多かった (図4)。

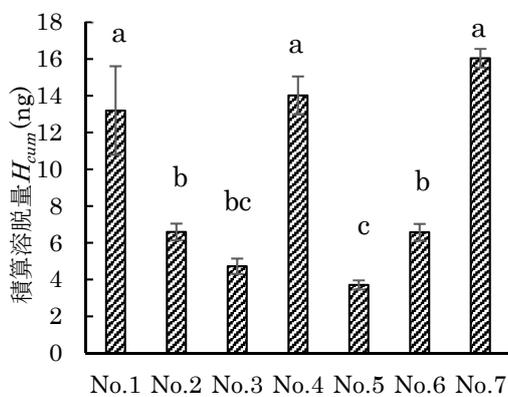


図4 21日間の H^+ 積算溶脱量 H_{cum}

エラーバーは標準偏差を示す。同一英文字間に5%水準で有意差なし。

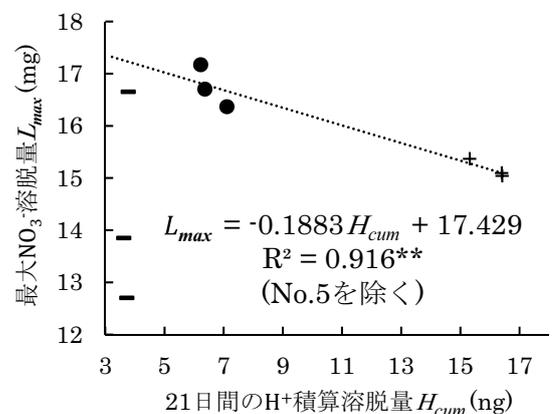


図5 H^+ 溶脱量 H_{cum} と最大NO₃⁻溶脱量 L_{max} との関係 (No.5-7)

試料No.6 (硫黄華投入量0.2 g) と試料No. 7 (硫黄華投入量0.1 g) では、 H^+ 溶脱量 H_{cum} と最大 NO_3^- 溶脱量 L_{max} との間に負の相関関係が認められた (図5)。また、 H^+ 溶脱量と NO_3^- のイオン溶脱速度定数 k との間には、非線形での相関関係が認められた (図6)。

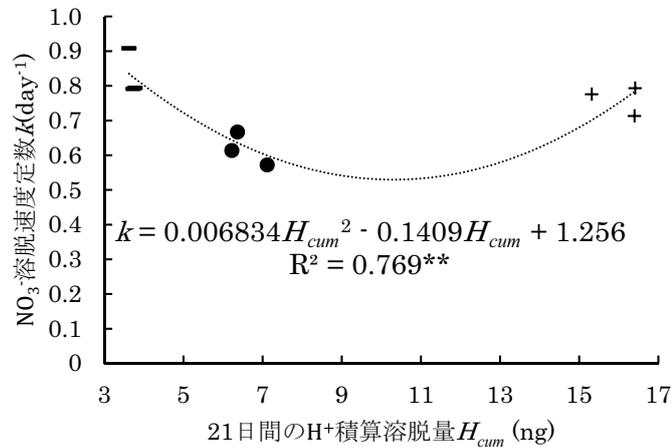


図6 H^+ 溶脱量 H_{cum} と NO_3^- イオン溶脱速度定数 k との関係(No.5-7)

4. 考察

図3より、黒ボク土の充填による硝酸態窒素溶脱抑制効果は認められなかった。これは、 NO_3^- の多くが溶脱した3日目までに硫黄華の投入による黒ボク土のpHの低下が期待できないことに起因していると考えられる。しかしながら、 H^+ 溶脱量 H_{cum} と最大 NO_3^- 溶脱量 L_{max} との間に負の相関関係があったことから、黒ボク土のpHが十分に低下した条件下での追肥を考慮すると、硝酸態窒素溶脱抑制効果が認められる可能性がある。

H^+ 溶脱量 H_{cum} と最大 NO_3^- 溶脱量 L_{max} 及び NO_3^- のイオン溶脱速度定数 k の間には線形または非線形の相関関係が認められたため、イオン溶脱量推測モデル式の L_{max} 及び k にpHの項を考慮することにより、(1)式よりも正確な一次反応モデルが新たに構築できると考えられる。一方、本カラム試験では、投入した NO_3^- の多くが3日目までに溶脱したため、黒ボク土のpHが十分に低下した条件下で KNO_3 を新たに投入する試験を行う必要があることが考えられる。また、黒ボク土のpHの低下にともなって微生物のはたらきが不活発になったことが推察できるが、微生物バイオマス量の測定により微生物による硝酸態窒素の吸収量の変化を調べる必要がある。

本研究の具体的成果として、基質の吸着特性が土壌pHによって変化し、その吸着特性のモデル化の可能性が示唆されたことである。本研究が進展することにより、砂質土壌からの窒素溶脱量および黒ボク土による溶脱低減効果が定量的に評価できるようになるだけでなく、有機物としての炭素・窒素吸着量を明らかにすることができるようになり、黒ボク土および砂質土壌における炭素隔離メカニズムの一端を明らかにすることにつながると考えられる。

5. 参考文献

- [1] 服部勉、宮下清貴、齋藤明広：土の微生物学、養賢堂、PP87-88、2008
- [2] JA全農：土壌診断の読み方と肥料計算、農村漁村文化協会、P37、2013
- [3] 気象庁：各種データ・資料
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_sfc_ym.php?prec_no=69&block_no=47746&year=&month=&day=&view=（参照 2018年 5月21日）
- [4] 北山 淑一、桑名 久美子：ラッキョウ畑における硝酸態窒素溶脱特性と基肥削減効果、鳥取県農林水産部編 新しい技術、52、2014
- [5] 松山信彦、三枝正彦：西日本におけるアロフェン質黒ボク土と非アロフェン質黒ボク土の分布、ペドロジスト、38 (1) : 2-9、1994

鳥取県東部大谷海岸における藻場の季節消長と 魚類相把握の試み

太田 太郎*・森田 貴斗**・吉永 郁生***

1. はじめに

我が国周辺における近年の水産資源の低迷は、漁業技術の発展に伴う過度の漁獲圧に加えて、海洋環境全般の変化に由来すると考えられる。特に沿岸の前浜海面は、護岸整備等による海岸線の改変、陸域からの多様な物質の流入による水質の汚染などにより、著しく荒廃が進んでいる。これまでの研究により相当程度明らかになった水産資源として価値の高い様々な海洋生物の生活史を考えると、これは単なる前浜海面だけの問題ではなく、その前浜に続く広範囲の海域の生態系にまで影響を及ぼしていることに議論の余地はない。この様な中、沿岸海面の「藻場」の持つ多面的な機能の価値が見直されつつあり、衰退・消失した藻場再生の試みが、漁業者、市民、行政による協働的な取り組みとして日本各地で行われている。

鳥取県の前浜は、日本の中でもユニークな長大な砂浜海岸と、その中に点在する岩礁や転石域の藻場から構成されており、この様な沿岸の景観と日本海の潮流や季節風などの環境要因が、この海域独特な生物相と水産資源の生産を担っている。一方で、鳥取県でも近年水産資源の低迷が著しく、特に沿岸漁業の衰退が顕在化している。その打開策の一つとして、「鳥取県藻場造成アクションプログラム」が平成16年度に策定され、これに基づく活動が漁業者と行政主体で実践されてきた。当初、この活動の目的は磯場の資源管理及び漁場管理に主眼が置かれ、アワビ*Haliotis Linnaeus*やサザエ*Turbo cornutus*といった水産業上重要な植食巻貝の種苗放流と、これらの貝類の餌料となる多年生大型褐藻のアラメ*Eisenia bicyclis*を採用した藻場造成がセットで進められた。

一方、沿岸海洋生態系における藻場の効用は、単なる植食性動物への餌料の提供にとどまらず、さらに多面的な機能が存在しているものと考えられる。その一つが魚類、甲殻類等の海洋生物への生息空間の提供という機能である。藻場周辺の海面は、これを構成する種々の大型海藻類の存在により空間的な複雑性が増し、生物の蝸集効果が増大する。このため、藻場周辺の海面は単位面積当たりの生物収容力も高まり、より複雑な生態系が構築される。実際に、藻場周辺では、カイアシ類、アミ類、端脚類などの小型甲殻類が高密度に分布し、さらに、これらを餌として利用するメバル*Sebastes inermis*、スズキ*Lateolabrax japonicus*などの魚類幼稚魚の蝸集により複雑な生態系が構築されている。

本研究は藻場周辺の生態系構造を解明し、沿岸性の水産資源のみならず、沖合性魚類や通し回遊魚の資源保護にも藻場生態系が寄与していることの実証を目指している。その第一段階として、山陰海

* 公立鳥取環境大学地域イノベーション研究センター

** 株式会社ハヤシ 高松店

*** 公立鳥取環境大学環境学部

岸ジオパークの一部として、その景観が保全対象となっている鳥取県東部大谷海岸においてスノーケリング潜水による観察とネット採集により藻場の季節消長とそこに生息する魚類相の把握を試みたので報告する。

2. 方法

2.1. 調査海域における水質の測定

鳥取県岩美郡岩美町大谷に位置する大谷海岸は（図1）、北東側の網代漁港の岸壁（図2左）と南西側の駟馳山に挟まれた海岸で、網代漁港岸壁基部から南西に向かい400mほど伸びる砂浜海岸と、駟馳山の麓に広がる南西部の礫浜（図2右）が隣接している海岸である。当海域の底質は基本的に砂であるが、南西部の礫浜海岸沖の海底は礫（転石）や岩で構成されており、ここに藻場が形成されている。当海域において、2017年6月23日、7月23日および11月7日の合計3回の調査を行った。各調査日とも調査開始時に、底質が礫や岩の藻場周辺水域（図1右のAで示した水域：以下、藻場と記す）と、底質が砂の水域（図1右のBで示した水域：以下砂底域と記す）において、多項目水質計（東亜ディーケー株式会社WQC24）を用いて海面下約1mの水温、塩分およびpHを測定した。

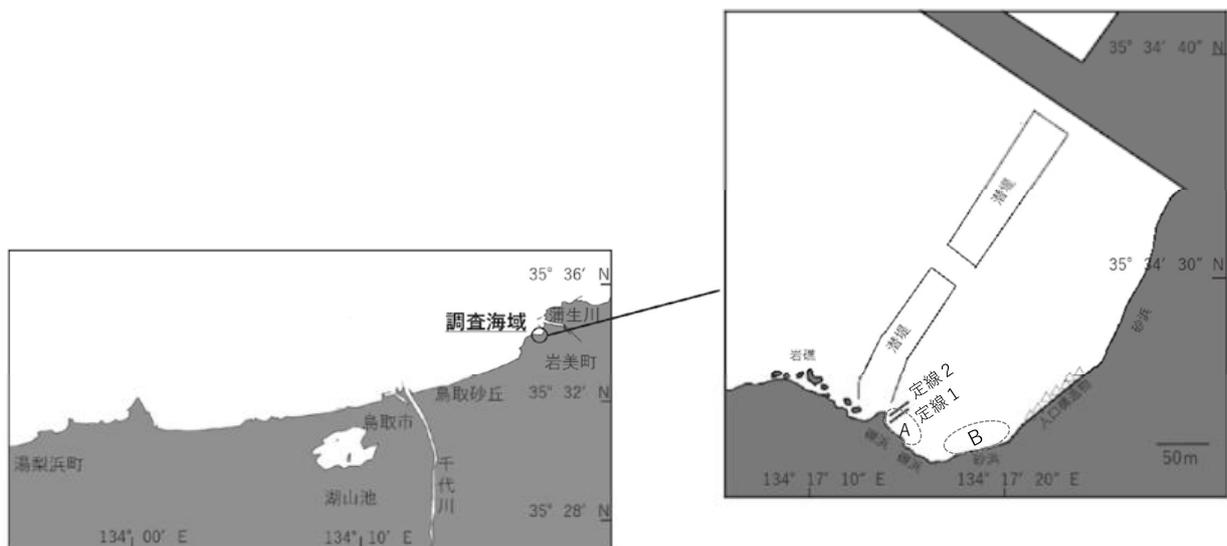


図1 大谷海岸の位置（左）と調査箇所（右）

（定線1、定線2はスノーケリング潜水による藻場観察箇所、破線で囲まれた水域A、Bはそれぞれ藻場と砂底域の調査箇所を示している）



図2 大谷海岸北東側（左：網代漁港岸壁付近の砂浜）と南西側（右：南西部の砂浜と駒馳山の麓に広がる礫浜）

2.2. スノーケリング潜水による藻場の観察

大谷海岸南西部の藻場に図1右に示す2本の調査定線（定線1、2）を設定した。定線1と定線2の岸側の基点は概ね5mほど離れており、それぞれ基点より北東方向の沖合に向かって定線を設定した。両定線の距離は20mとした。

藻類の被度（%）を推定するため、それぞれの定線に沿って、基点から2m毎に定点を設定した。計20箇所の定点で、900cm²（30cm×30cm）のコドラートを設置し、スノーケリングによる潜水観察により、コドラート内の海藻類の被度を分類群ごと（緑藻類、褐藻類、紅藻類）に記録した。また、必要に応じ写真撮影やサンプルを持ち帰り、可能な限りの種の同定を試みた。なお、種名と学名は原色新海藻検索図鑑（新崎2002）に従った。同時に定線周辺に分布する魚類について観察し、確認した魚類の種を記録するとともに、可能な限り写真を撮影した。

2.3. 魚類幼稚仔魚の採集

大谷海岸南西側の藻場周辺（図1左のAに示す海域）に生息する魚類の稚魚をサーフネット（図3左：網口280cm、高さ100cm、目合2mm）を用いて採集した。砂底域（図1左のBに示す海域）においてはサーフネットに加え、底生魚類の稚魚の採集を目的にソリネット（図3右：網口100cm、高さ20cm、奥行き285cm、袋網の目合2mm）も曳網した。サーフネットは各調査日ごとに藻場および砂底域で各2回曳網した（1曳網当たりの時間は約2～5分）。ソリネットは各調査日ごとに砂底域で各2回曳網した（1曳網当たりの時間は約4～9分）。採集した魚類稚魚は99%エタノールにより固定及び保存し、研究室に持ち帰った。なお、2017年4月29日には、事前調査としてサーフネットによる魚類稚魚の採集を行っており、本報告ではこのデータも補足的に用いた。研究室において、得られたサンプルの中から魚類を選別し、種の同定を行った。なお種名と学名は日本産魚類検索第3版（中坊2013）に従った。種の同定後、各個体の標準体長（Standard Length(mm)：以下SLと記す）を測定した。

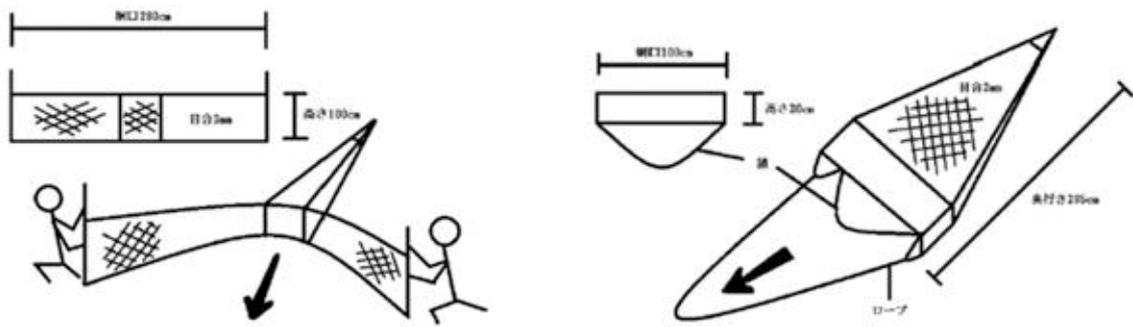


図3 魚類稚魚の採集に用いたサーフネット（左）とソリネット（右）

3. 結果

3.1. 水温・塩分、およびpHの季節変動

調査海域における水温、塩分、およびpHの推移を図4に示す。海岸内2カ所で測定を行ったが、各測定項目とも場所によって大きな差は見られなかった。調査期間中、水温は18.4℃～28.0℃、塩分は28.6～33.7、pHは8.20～8.75の間で変動した。

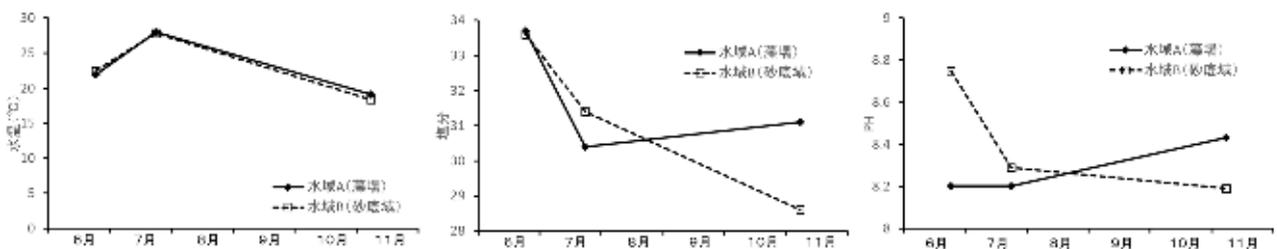


図4 調査海域における水温（左）、塩分（中）及びpH（右）の推移

3.2. 藻場における海藻類の分布の変化

調査定線1、2における調査日別の海藻類の被度（分類群別）を図5に、各調査日の藻場の特徴的な写真を図6～8に示す。6月23日には褐藻類が優占し、緑藻類も一定の割合で分布が確認された。褐藻類については、ホンダワラ類（ヒバマタ目）とワカメ（コンブ目）が分布していたが、これらの大部分は、根元部分以外が枯失した状態であった。7月23日についても褐藻類の優占が確認されたが、ホンダワラ類などの大型の海藻類は6月23日と比べ減少していた。11月7日には、ホンダワラ類の群落が局所的に確認されたものの、褐藻類、緑藻類が著しく減少し、ピリヒバ *Corallina pilulifera* 等のサンゴモ類（小型紅藻類）が優占していた。

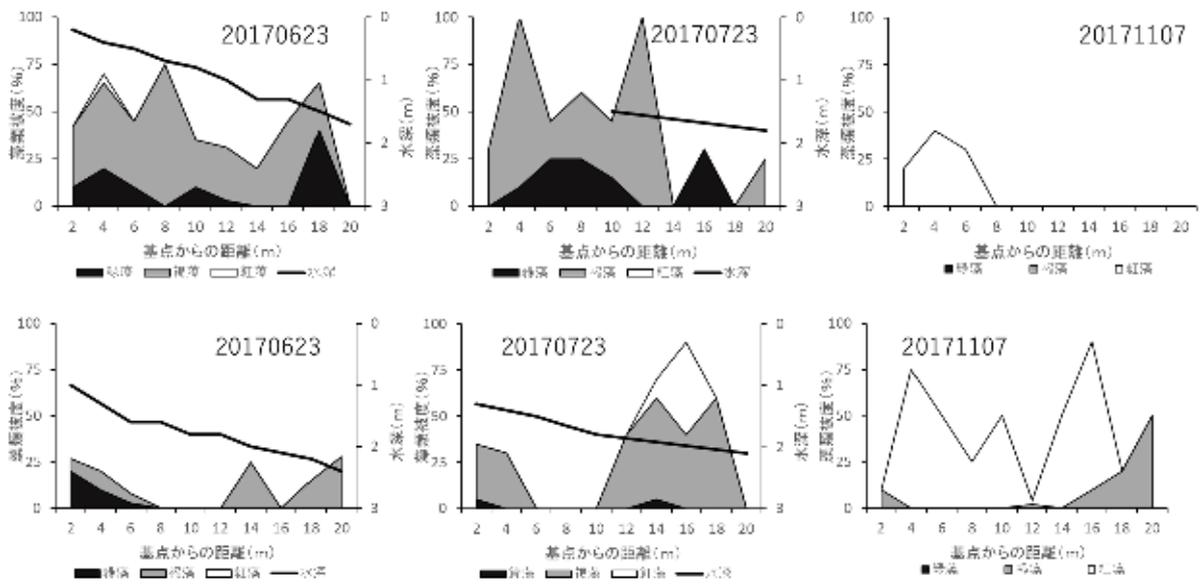


図5 定線1（上段）と定線2（下段）における海藻類の分類群別被度の推移（右: 6月23日、中: 7月23日、左: 11月7日）

- ※ 11月7日は荒天のため水深を測定できなかった。
- ※ 横軸は岸側の端を基点とした定線上の距離を表す。



図6 大谷海岸の藻場の様子（6月23日撮影）



図7 大谷海岸の藻場の様子（7月23日撮影）



図8 大谷海岸の藻場の様子（11月7日撮影）

3.3. 藻場周辺で潜水観察により確認された魚類

藻場の分布調査時に定線周辺で目視観察により確認した魚種を表1に示し、撮影した魚類の写真をそれぞれ図9および図10に示した（11月7日は調査海域の濁りが強く写真が撮影できなかった）。調査期間を通じて、22種の魚類を確認した。ウミタナゴ *Ditrema temminckii*、クジメ *Hexagrammos agrammus*、アナハゼ *Pseudoblennius percooides*、は調査期間を通じて常時藻場周辺で確認された。また、スズキ、キジハタ *Epinephelus akaara*、マアジ *Trachurus japonicus*、マダイ *Pagrus major* など水産業上の重要な種についても、一時的ではあるが藻場周辺で確認された。

表1 大谷海岸の藻場で目視観察した魚種のリスト

魚種名	学名	2017.6.23	2017.7.23	2017.11.7
ボラ	<i>Mugil cephalus</i>		○	
カサゴ	<i>Sebastes marmoratus</i>	○	○	
メバル属 sp.	<i>Sebastes</i> sp.	○	○	
ムラソイ	<i>Sebastes pachycephalus</i>		○	
スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	○	○	
キジハタ	<i>Epinephelus akaara</i>		○	
マアジ	<i>Trachurus japonicus</i>	○	○	
マダイ	<i>Pagrus major</i>	○	○	
ウミタナゴ	<i>Ditrema temminckii</i>	○	○	○
インダイ	<i>Oplegnathus fasciatus</i>		○	
メジナ	<i>Girella punctata</i>		○	○
キュウセン	<i>Parajulis poecilepterus</i>	○	○	
ホンベラ	<i>Halichoeres tenuispinis</i>	○	○	
クジメ	<i>Hexagrammos agrammus</i>	○	○	○
アナハゼ	<i>Pseudoblennius percooides</i>	○	○	○
カジカ科 sp.	Cottidae sp.	○		
ヘビギンポ	<i>Enneapterygius etheostomus</i>		○	
ナベカ	<i>Omobranchus elegans</i>	○	○	
ニジギンポ	<i>Petroscirtes breviceps</i>		○	
キヌバリ	<i>Pterogobius elapoides</i>	○	○	
カワハギ	<i>Stephanolepis cirrifer</i>		○	
クサフグ	<i>Takifugu niphobles</i>	○		

※ ○は各調査日に目視確認された魚種を示す

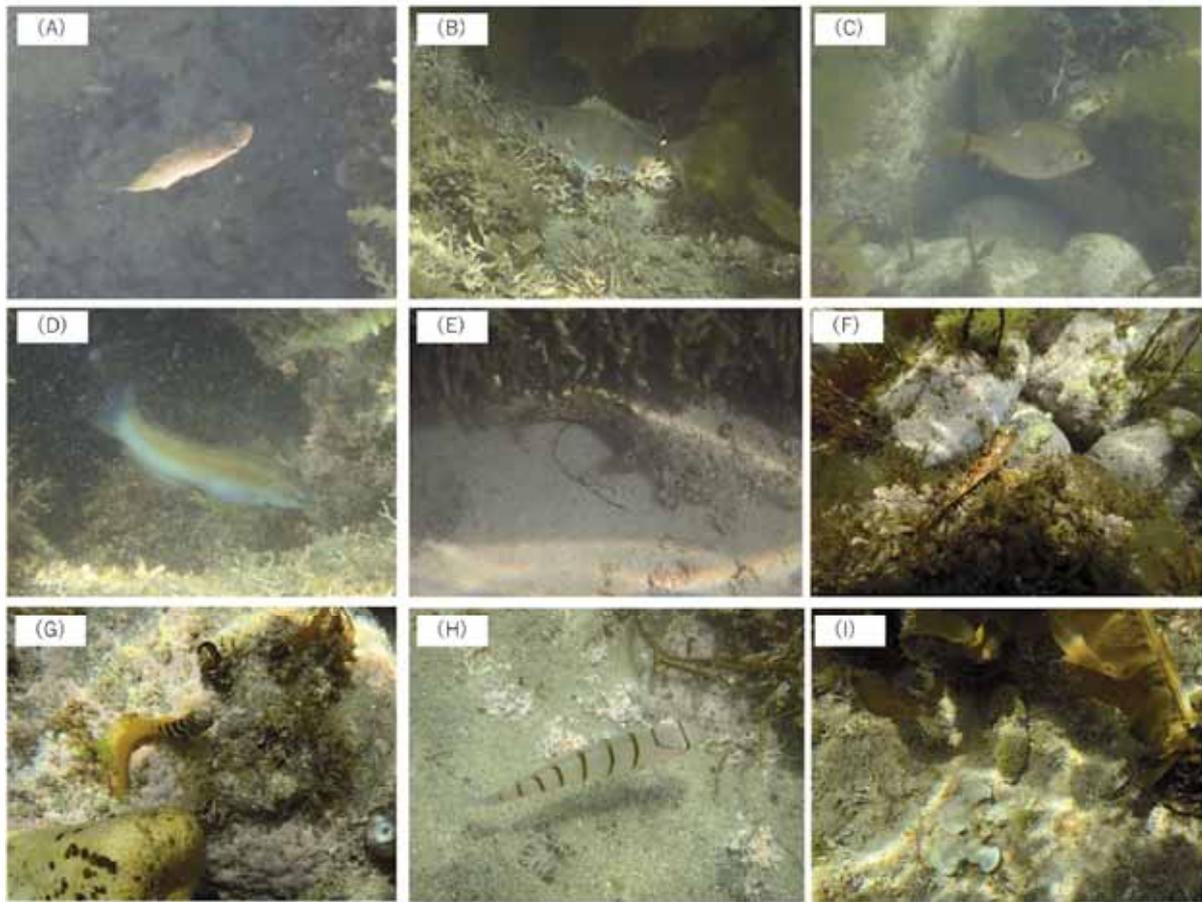


図9 6月23日に大谷海岸の藻場周辺で確認された魚類の写真 (A) メバル属 sp. (B) マダイ (C) ウミタナゴ (D) ホンベラ (E) クジメ (F) アナハゼ (G) ナベカ (H) キヌバリ (I) クサフグ



図10 7月23日に大谷海岸の藻場周辺で確認された魚類の写真 (A) ボラ (B) カサゴ (C) メバル属sp. (D) スズキ (成魚) (E) マアジ (F) マダイ (G) ウミタナゴ (H) イシダイ (I) メジナ (J) キュウセン (K) ホンペラ (L) クジメ (M) アナハゼ (N) ヘビギンポ (O) ニジギンポ (P) キヌバリ (Q) カワハギ

3.4. 藻場周辺及び砂底域で採集した魚類

藻場周辺では4月29日から11月7日までの4回の調査で、15種26個体の魚類稚魚を採集した(表2.1)。調査期間を通じて、最も多くの稚魚が採集されたのは4月29日であり、スズキを含む5種12個体の仔稚魚が採集された。6月23日以降の調査では、魚類稚魚の採集個体数が減少した。砂底域ではサーフネットにより4種35個体(表2.2)、ソリネットでは6種38個体(表2.3)の魚類仔稚魚が採集され、最も採集数が多かったのは4月29日であった。藻場と砂底域で採集された魚種の組成が異なり、藻場の方が種の多様性が高い傾向が確認された。

表2.1 大谷海岸の藻場でサーフネットにより採集された魚類稚魚

採集日	総曳網時間	魚種名	学名	個体数	SL(mm)
2017.4.29	6分15秒	スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	7	20.6(±5.5)
		クジメ	<i>Hexagrammos agrammus</i>	2	82.0(±18.4)
		オオカズナギ	<i>Zoarchias major</i>	1	19.0
		イソギンボ属sp.	<i>Parablennius</i> sp.	1	8.0
		ウキゴリ属sp.	<i>Gymnogobius</i> sp.	1	32.0
2017.6.23	6分52秒	マダイ	<i>Pagrus major</i>	4	39.5(±3.1)
		キヌカジカ	<i>Furcina osimae</i>	2	42.5(±0.7)
		オオカズナギ	<i>Zoarchias major</i>	1	80.0
		ヒラメ	<i>Paralichthys olivaceus</i>	1	62.0
2017.7.23	4分47秒	ウミタナゴ	<i>Ditrema temminckii</i>	1	82.0
		カジカ科sp.	<i>Cottidae</i> sp.	1	26.0
		ニジギンボ	<i>Petroscirtes breviceps</i>	1	25.0
		アミメハギ	<i>Rudarius ercodes</i>	1	22.0
2017.11.7	7分19秒	ベラ科sp.	Labridae sp.	1	8.00
		アカササノハベラ	<i>Pseudolabrus eoethinus</i>	1	68.0

表2.2 大谷海岸の砂底域においてサーフネットにより採集された魚類稚魚

採集日	総曳網時間	魚種名	学名	個体数	SL(mm)
2017.4.29	12分27秒	メバル属sp.	<i>Sebastes</i> sp.	2	25.5(±0.7)
		スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	12	20.8(±2.1)
		ヒラメ	<i>Paralichthys olivaceus</i>	17	10.8(±1.1)
2017.6.23	10分9秒	スズキ	<i>Lateolabrax japonicus</i>	1	60.0
2017.7.23	4分	採集個体なし	—	—	—
2017.11.7	9分41秒	アユ	<i>Plecoglossus altivelis</i>	2	13.0

表2.3 大谷海岸の砂底域においてソリネットにより採集された魚類稚魚

採集日	総曳網時間	魚種名	学名	個体数	SL(mm)
2017.6.23	14分6秒	ヒラメ	<i>Paralichthys olivaceus</i>	16	34.6(±9.2)
		イシガレイ	<i>Kareius bicoloratus</i>	1	55.0
		クロウシノシタ	<i>Paraplagusia japonica</i>	4	88.3(±8.3)
		トラフグ属sp.	<i>Takifugu</i> sp.	1	6.0
2017.7.23	12分	オキエソ	<i>Trachinocephalus myops</i>	1	39.0
		ヒラメ	<i>Paralichthys olivaceus</i>	2	38.5(±0.7)
		イシガレイ	<i>Kareius bicoloratus</i>	1	65.0
		クロウシノシタ	<i>Paraplagusia japonica</i>	7	17.7(±5.9)
		トラフグ属sp.	<i>Takifugu</i> sp.	1	6.0
2018.11.7	15分28秒	クロウシノシタ	<i>Paraplagusia japonica</i>	3	96.0(±62.4)
		クサフグ	<i>Takifugu niphobles</i>	1	101.0

4. 考察

鳥取県藻場造成アクションプログラムⅡ（鳥取県農林水産部水産振興局水産課ほか 2016）によると、鳥取県の沿岸域における藻場の状況は、東部では海藻類の被度が増加している地点が多く、西部では海藻類の被度が減少している地点が多いと報告されている。また、同プログラムによると鳥取県西部における藻場の衰退や県内各地で人工移植により海中林に成長したアラメ群落の枯死の原因は、鳥取県沿岸において平成25年8月に3週間ほど続いた29℃以上の高水温が直接的に大きく影響したと指摘している。本研究の結果でも大谷海岸において春から夏にかけて海水温の上昇が確認され、7月23日の水温は28.0℃に達した。また、春から夏にかけて形成された褐藻類を中心とした藻場が、秋季には小型紅藻類（サンゴモ科）のピリヒバ等が優占するなど、当調査海域においても藻場の荒廃の兆候が確認された。今回の調査では、磯焼けの原因生物の一つと考えられている植食性魚類のアイゴ *Siganus fuscescens* は確認されず、また、ウニ類についても高密度な分布は確認されなかった。このことから、食害が本水域の藻場の衰退、特に褐藻類の減少に影響している可能性は低いと考えられた。今後も大谷海岸における藻場の荒廃と回復過程について、経年的な調査により注意深く監視し、傾向や原因の把握に努める必要がある。

山陰海岸ジオパークの一部である鳥取県東部の海岸は、人為的改変の少ない自然な海岸線が残されており、砂浜や礫浜・岩礁など、異なる環境がモザイク的に分布している。今回調査した大谷海岸は、藻場の発達した礫・岩底域と砂底域がごく狭い範囲に隣接しており、わずか数十m程の距離にもかかわらず生息する魚類相は異なっていた。生物生産の場として重要と考えられる浅海域の環境の多様性は、沿岸域全体の生物多様性の構築に大きく寄与しているものと考えられる。本研究は自然海岸の環境の多様性の価値について検証を試みるものであるが、このことを証するに十分なデータを得ることが出来なかった。今後も大谷海岸をモデルフィールドとした調査を、広範かつ継続的に行い、自然海岸の環境的多様性の価値を立証し、その保全についての提案を目指したい。

参考文献

- [1] 中坊徹次：日本産魚類検索全種の同定、第三版、東海大学出版会、神奈川、2013
- [2] 新崎盛敏：「原色新海藻検索図鑑」（徳田広編）北隆館、東京
- [3] 鳥取県農林水産部振興局課、鳥取県栽培漁業センター、公益財団法人鳥取県栽培漁業協会：鳥取県藻場造成アクションプログラムⅡ、2016

市民の科学リテラシーを高めるサイエンスカフェ

足利裕人

1. はじめに

サイエンスカフェは、従来の講演会・シンポジウムとは異なり、科学の第一線の専門家や技術者と一般市民が、喫茶店などの身近な場所で、お茶やコーヒーを飲みながら、同一の目線で科学について気軽に語り合う場をつくろう、というイギリス発祥の試みである。一般市民と科学者、研究者をつなぎ、科学の社会的な理解を深める新しいコミュニケーションの手法である。

最近ではインターネットなどを通して、科学情報や専門知識を簡単に入手できるようになったが、その一方で情報過多となり、科学というものが一般の人にはなかなか見えてこない。そのため、科学を装ったニセ科学が堂々とまかり通り、商品化されていたり、間違った情報が流布されて、健康や安全性に問題が生じたりしている。このサイエンスカフェでは、市民の科学リテラシーを高め、健康で安全な生活のための知識、考察力、判断力、行動力を育成することを目指した。2017年度は以下の4回の活動を、公立鳥取環境大学サテライトキャンパスにおいて行った。

2. 活動の様子

2.1. 10/29、参加者30名、「美しく、おもしろい化学の世界を楽しもう」、栗岡 誠司、神戸常磐大学保健科学部 教授

化学反応には美しい光を放ったり、信じられないようなおもしろい現象が見られたりすることがある。今回はそのような例の中で身近なものを、実験を交えながら解説した。

はじめに、化学とはどのような学問であるかの説明のため、アンモナイトの化石を回覧し、化石とは「石に化けた生き物」で、化学とは「化けることを学ぶ」と話した。次に以下のような化学反応の実験を披露した。

- ・普通紙をニトロ化してニトロセルロースに変え、一瞬で燃やす
- ・水に溶ける紙を配布し、証拠が残らない用紙と説明
- ・水を包む風呂敷を紹介し、バケツ一杯の水を包んで見せ、急な雨のときに雨合羽として使えることを説明
- ・カッターナイフ等で切ろうとしても切れない繊維でできた軍手や、それにガスバーナーの炎を当てたり、500℃に耐える耐熱白衣を紹介（消防服へ応用されていることを説明）したりした
- ・午後の紅茶とコーラとファンタグレープのニセモノ（イソジンを溶かした液）を配布し、ビタミンCで還元して透明にする（イソジンのヨウ素の酸化作用は消毒に用い、ヨウ素がビタミンCで還元されて色が消えることを説明）
- ・時計反応溶液の配布と実験（ヨウ素デンプン反応）
- ・融点29.8℃のガリウムを、体温で溶かす。全員小片を持ち帰った

- ・金、銀、白金、チタンなどいろいろな金属を回覧し、重さを体感
- ・暗闇で光るルミノール反応で、赤、青、緑の光の三原色を作る
- ・ビスマスの骸晶を配布し、光の干渉によって生じる色の観察

30名の参加者は熱心に聴講し、また自分たちで実験を行い、化学の世界を楽しんだ。



写真1 実験の解説をされる栗岡先生



写真2 熱心に聴講される参加者

○参加者の感想

- 小学校で行うと理科好きが増えると思いました。ありがとうございました。
- とてもわかりやすく楽しかった。後で実際にやれたらもっと楽しいに違いない。触れたことのない元素に触れられて感動しました。貴重なものを見せてくださってありがとうございました。
- いろいろな元素のことをわかりやすく楽しくお話して下さり、とても興味がわきました。
- 光る物質のお話が興味深かった。
- さとうの火が面白かったです。魔法みたいでした。
- ときどきはらはらで見られてうれしかったです。また来たいと思いました。すごかったです。
- いろいろな実験が楽しかったです。

2.2. 12/16、参加者31名、「宇宙を知れば自分が見える」、織部 隆明、鳥取市さじアストロパーク 主任

鳥取市南部に位置する天文台さじアストロパークの織部隆明氏をゲストに迎え、宇宙に関する実験やクイズを交えながら、私たちの住む世界の尺度を宇宙的視野で見直した。

宇宙のことは遠い世界の話であり、私たちの生活とは関係がないと思われがちだが、ゆえにロマンがあり、宇宙のことを知ると、逆に人間や地球のことはよくわかる。

おりしもこの日は、金井宣茂宇宙飛行士がソユーズで国際宇宙ステーションへ打ち上げられる前日であり、この日の国際宇宙ステーションは17時24分北西の方角から出て、35度の角度で見られ、17時29分東に沈むということ、この宇宙ステーションと鳥取北イオンとの大きさを比較すると、宇宙ステーションはちょうど「スポーツ・デポ」と同じくらいになると説明した。

続いてアストロパークで撮影した写真や、鳥取砂丘での月面ローバー「チームHAKUTO」の取り組みの紹介があった。これはGoogle LINA Xpriseコンテスト（賞金は20億円）といい、出場条件は500m動くこと、地球へ映像を送ることだ。

後半は、以下のような宇宙や地球を知るための実験・クイズを披露した。

- ・地球を30cmとすると空気の厚さはどれくらいか 【答 2mm（実際は100km）】
- ・500mlのペットボトル中の空気の重さを、圧力計の付いた空気入れと上皿天秤で測る
- ・簡易真空ポンプによる、低圧でのマシュマロの膨張
- ・60℃のお湯の減圧沸騰
- ・地球の水の量の計算
- ・地球を30cmとすると月の大きさはいくらか 【答 7.5cm】
- ・地球を30cmとすると地球と月の距離はいくらか 【答 9m】

また、月食が1月31日の20時48分より23時08分まで見られるとの紹介があった。

参加者は熱心に聴講し、宇宙の中での自分たちの位置や存在を見つめ直すことができた2時間だった。



写真3 実験を披露される織部氏



写真4 熱心に聴講される参加者

○参加者の感想

- 今日、さじアストロパークから来て下さった織部さんからお話を聞きました。いちばんすごかったことは、103cmの反射望遠鏡のことです。日本に2台しかないので貴重なものだと思います。あと空気のことです。コップにマシュマロを入れて空気をいれると、小さくなっていたのですすごかったです。
- カフェレジメがテストみたいでちょっとやる気をそそられました。結構むずかしくて、数学、理科の復習をせねばと思いました。でも、小学生から大人までちょっと難しいことを一緒に考える

時間が心地よかったです。実験がわかりやすくてたのしかったです。

- クイズがあって、楽しく講義を受けることができました。
- 地球から太陽に行く時間を聞き、宇宙って広いなと思った。
- 想像できるスケールで考えてみると、宇宙の広さをより感じることができました。楽しい時間でした。
- 日常から離れて楽しいお話でした。
- 理科は少し習っていたけど、まだ分からないこともあったので良く分かりました。
- いろいろな宇宙の話、難しかったけど楽しかったです。また聞きたいけど、次は高学年だからさびしいです。
- マッシュマロが、気圧の変化で大きくなったり小さくなったりする実験が面白かった。

2.3. 1/21、参加者27名、「母なる太陽の素顔-最新の観測から明らかになった太陽像と宇宙天気」、 浅井 歩、京都大学 准教授

はじめに、太陽は私たちにとって最も身近な星であることを話した。太陽のエネルギーは地上の生命を支え、まさに地球にとっての「母なる星」である。一方で太陽では活発な爆発現象が絶えず起き、とても荒々しい姿をしている。その際、大量のガスや磁場を宇宙空間に放出し、地球周辺を含む宇宙空間は激しく乱され、地上の文明生活への影響が無視できないと説明した。

今回は、最新の画像や動画で、このような太陽の様子や地球への影響について解説した。

浅井氏は、京都大学花山（カザン）天文台に所属している。この天文台は、初代天文台長山本一清博士がアマチュアの力の重要性に気付き、広く協力を仰ぐことをモットーに設立90年を迎えた。鳥取県八東町出身の本田実氏（彗星発見者）も1943年に花山天文台に書簡を送っている。彼は火星の偏東風を発見し、火星の気象学が発展する基礎になった。

花山天文台のザートリウス望遠鏡は現役では日本一古いもので、1910年に京都大学へ納品された。浅井氏の初期の研究の中心は、2001年4月にこの望遠鏡で撮影した浅井フレアとも呼ばれる太陽フレアであり、その動画を紹介した。

続いて、以下のクイズを出した。

- ・ 太陽が30cmの直径なら地球の直径はいくらか 【答 3mm（太陽の半径は70万km、重さは地球の33万倍）】
- ・ 太陽が30cmなら地球までの距離はいくらか 【答 30m（太陽と地球との距離は1億5000万km）】

太陽に続き、「最新画像であばく太陽」と題して、黒点の詳細動画の紹介があった。

次に「太陽フレアと宇宙天気」と題して、宇宙へ放射される太陽風の動画が示された。太陽風は高エネルギー粒子（太陽宇宙線）で生じ、太陽表面で太陽フレアなどが起きると大量のガスが宇宙空間に放出され、太陽活動による地球への影響が生る。フレアは光・電磁波放射により、宇宙空間を擾乱する。上層大気の高電離度が変わり通信に影響を及ぼしたり、高エネルギー粒子（陽子等）は人工衛星を故障させたり、人体に影響（宇宙飛行士の被ばくは4Sv）したりする。また、大量のガス（磁荷、

電荷を持つ)による誘導電流で地上では停電が発生する。擾乱源は光(電磁波)、磁場、ガス、宇宙線であり、宇宙天気が乱される。飛行機の運行に影響が出、停電防止のため変圧器をアースする必要が生じる。

長いタイムスケールでの影響として、太陽活動周期は1700年から記録され、太陽黒点の数は平均11年周期(およそ9~13年)である。記録では1645年~1715年は極端に黒点が少なく、マウンダー極小期と呼ばれ、地球はミニ氷河期だった。

解説の後、太陽活動と太陽の明るさについてクイズが披露された。

- ・無黒点と黒点の多いときとどちらが明るいのか【答 無黒点(しかし、白斑があると黒点があっても明るくなる)】

太陽総放射量(わずか0.1%の変動)は太陽活動と一緒に変動するが、その際のX線(100倍)や紫外線(数倍)は大きく変動する。

続いて「銀河宇宙線」の説明があった。太陽活動が弱いと、銀河などから来る高エネルギー宇宙線がたくさん地球にやってくる。宇宙線の量は太陽活動に逆比例する。宇宙船は木の年輪や南極の氷に痕跡(放射性同位体)を残すので、それらに残った宇宙線の量から過去1000年の宇宙線量が分かり、太陽活動の地球の気候への影響が分かる。

銀河宇宙線が雲生成に効くことをスベンスマルク効果といい、宇宙線が多い(太陽活動が低調)と雲が多く生成し、多雨で日照量が低下し、寒冷化する。ここ100年は黒点の多い時期だった(100年間は温暖化している)。ところが、現在は低調な活動期で、太陽が冬眠に入り寒冷化が生じるのでは、と懸念される。温暖化より寒冷化の方が、食べ物が取れなくなるので危ない。寒冷化が本当かどうか明らかにするのが私(浅井氏)の責任である、と締めくくった。

27名の参加者は熱心に聴講し、積極的に質問をし、活気に溢れた2時間を過ごした。

○参加者の感想

- 難しい内容だったが、太陽の影響を受けて地球の環境が変わるとというのが興味深かったし、また聞きたい。
- 生活上大切な太陽なので、研究が進み、私たちの生きていくことに役立っていくことを楽しみにしています。
- 太陽の正体について知らなかったことを、たくさん知ることができました。太陽がすべて気体だということ、自転していること、地球に様々な影響を与えていること、彩層や、磁気コネクションなどは少し難しかったですが、もっと勉強したいです。
- 今回もとても楽しかったです。科学を身近に感じさせてくれるとても良い先生に出会えて良かったです。
- 太陽の変化する様子をもっと細かく説明してほしいかった。内容が多すぎる。例示、図示をもっと多く。しかし、動画が感動的でした。



写真5 浅井フレアの解説



写真6 熱心に聴講される参加者

- 理解ができない所はたくさんあったけど、先生の情熱に引き込まれて、日常生活と離れた体験ができて、とても楽しかった。理解はできなくてもお話が聞きたい。よろしくお願いします。
- 大変有意義なお話を聞いてよかったです。
- とても感動しました。ありがとうございました。
- 貴重な話でひたすらへえーって感じでした。
- 今後とも続けていただければと思います。
- わかりやすく話も面白く、2時間あっという間でした！！

2.4. 2/18、参加者38名、「心理マジックを学ぼう」、北野貴久、神戸村野工業高等学校 教諭

予言やテレパシー、誘導などの人間の心理を利用したマジックを、ていねいな種明かしとともに楽しく学んだ。内容の一部を紹介する。

○魔法の葉っぱ

4枚のカードをちぎって差し替えたり捨てたりしながら、最後に隠したカードと残ったカードを合わせて1枚のカードにする。

○連想ゲーム

思わせたいもの、想像できるもの、関係ないものを組み合わせて何を考えているか当てる。

○トランプマジック

入れ替えても入れ替わっていないトランプ、錯覚を利用したトランプ手品など

また、簡単な工作（ティッシュでパラシュート、新聞で防災スリッパ）や楽しい科学実験（身近なもので作る線香花火など）も披露した。

38名の参加者は熱心に聴講し、また、伝授されたマジックを実際に体験して楽しんだ。



写真7 マジックを披露される北野先生

○参加者の感想

- 生活に生かせるものが良かった。防災スリッパはホテルやバス、汽車でも使いたい。先生の声が大きくてよく聞こえた。
- 身近な物でも防災につながる物ができるなら、教えていただきたいです。
- 3時間でも良かったかなと思います。アシスタントに環大生がついてサポートしてあげたらスムーズかなと思いました。
- 去年も北野先生の会に参加させて頂き、頂いたお土産でマジックの練習を子供が一生懸命やっていました。今4年生になった子供は科学マジック会社というクラスの係活動をやっていて、ちょ

うど来週発表会があるのでネタを仕入れられてうれしそうです。また来年も来たいです。

- 駅前で参加しやすかったけど、会場の広さと参加人数が…。もう少しゆったりした部屋でしてほしい。
- 心理マジックがたくさんあって面白かった。
- トランプのマジックが分かりやすかった。
- とても興味深く楽しめました。お世話になりました。
- ろうを水の中に入れると発火したのでびっくりしました
- おもしろかったです!! 防災スリッパ広めます!!
- とても楽しいマジックがたくさんで面白かったです。最後のロウに水にかける実験がすごいと思いました。学校でもやってみたいです。
- マジックがとても面白かったです。スリッパも何かあったときに役に立ちそうですね。あっという間の2時間でした。ありがとうございました。
- 頭の回転が悪くてついていけないところもありましたが、とても面白かったです。
- テンポよく流れ、バラエティーのある内容で楽しめました。小学校低学年から大人までの対応は難しかったと思いますが、ありがとうございました。
- 数学とか日常的なものに興味がわきました。
- いろいろなマジックやそのネタが聞けてよかったです。
- 実際にやりながらなので面白かった。
- 無料なのにこんなにも学べて楽しめた所が良かった。先生も明るく面白かった。自分が知ったことをいろいろな人に教えたい



写真8 熱心に聴講される参加者

2017地域イノベーション研究

平成30(2018)年3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 2017

Tottori University of Environmental Studies
Regional Innovation Research Center