

鳥取県環境学術研究等振興事業費補助金研究実績報告書

研究期間（2年目/3年間）

研究者 又は 研究代表者	氏名	(ふりがな) よしなが いくお 吉永 郁生
	所属研究機関 部局・職	公立鳥取環境大学・環境学部・環境学科・教授 電話番号 0857-38-6752 電子メール iyoshina@kankyo-u.ac.jp
研究課題名	【環境創造部門】 浦富海岸の岩礁とサーフゾーンの生物相・生態系構造解析	
研究結果	<p>1) 港湾内のアマモ群落の季節消長と動物プランクトンの現存量調査</p> <p>はじめに岩美町内でアマモ群落の調査に適した場所を探索した。網代港や田後港近辺に群落は存在したものの、船舶の通行が多いことやその他の理由から調査を断念した。その代わりに湯梨浜町泊漁港内に比較的安全に調査を行えるアマモ群落を発見し、毎月一回の調査を実施した。日本海沿岸、特に鳥取県沿岸のアマモ群落調査は非常に少なく、また、浦富海岸にも今回の調査結果が参考値として適応可能であると考えている。実施した調査項目は、SCUBA潜水による目視およびコドラート採取によるアマモ現存量（被覆度、株数、葉長）調査と魚類の目視観察、さらにそりネットによって採取した動物プランクトンの個体数および種組成である。その結果、①初夏から晩秋にかけて、アマモの被覆度と株数はそれほど変化せず、このことから鳥取県浅海域のアマモは多年生である可能性が示唆された。②ただし、夏から秋にかけて、葉長の減少と枯死が見られ、アマモの現存量は減少した。③アマモの現存量と得られた動物プランクトンの個体数には相関がみられた。</p> <p>2) 大谷海岸の砂浜域におけるベントス調査</p> <p>当初は、平成27年度に地引網調査を行った小栗浜と熊井浜でベントス調査を行う予定であったが、小栗浜で夏季に遊具の設置を伴うイベントが開催されたため、調査域を大谷海岸に変更した。結果的にこの海岸は、周辺環境やアプローチも調査に適しており、この海域を今後のモデル調査海域とすることにした。数回の予備調査の後、2016年11月14日に、鳥取県岩美町大谷海岸で、小型簡易ドレッジ（高さ20cm、幅40cm、網目合い1mm）によるマクロベントス採集を行った。大谷海岸の中で陸域の景観が異なる（天然砂浜と人工護岸）近接する二地点で、陸地から沖合に向けて3本の調査定線（L1～L3およびL4～L6）を設定し、9:00(干潮)、13:00、16:00(満潮)、18:00の計4回、20mの曳網によりマクロベントスを採取した。現地ではホルマリン固定し、後日、選別と種同定、およびサイズの計測を行った。その結果、天然砂浜側では17種、人工護岸側では13種のマクロベントスを採取できた。優占種はキュウシュウナミノコガイ（沖縄県では絶滅危惧Ⅱ種）であり、個体数は総じて人工護岸側が多かった。②総じて沖合側の調査定線でマクロベントスの採取個体数が多く、また夕刻（18:00）に採取個体数が多かった。③多様性指数（Channon H'）から、陸域の景観が天然砂浜の地点の方が人工護岸の地点よりも多様性が高かった。</p>	
研究成果	<p>本研究では、岩美町沿岸域の岩礁や砂浜の生態系を、微生物性の基礎生産者（底生微細藻、付着性微細藻、および植物プランクトン）から植食者を経て大型の海洋生物にいたる食物網解析を中心として解析することを目的としている。ここで、基礎生産者を微生物性の生物に限定した理由は、従来、砂浜の海草(アマモ)や岩礁の海藻類と海洋生物との関連性を論じる場合、実際の基礎生産者と目される微生物性の植物に関する知見が比較的粗く、またその価値を過小評価していると考えたからである。なぜならば、多くの海洋生物、とりわけ、小型の動物プランクトンや仔稚魚および貝類や環形動物などのベントスにとって、アマモや大型海藻類は餌料としてはほとんど利用されないからである。むしろ、このような浅海域の植生は微生物性の基礎生産者の「棲み場所」として、岩礁や護岸壁などの付着基盤や波浪・潮流の強弱、さらには河川や地下水による淡水流入の有無などととも浅海域の生産力を規定する要因として注目すべきだと考えている。</p>	

<p>研究成果</p>	<p>3年間の本研究計画において、1, 2年目は、主に浦富海岸の砂浜域と岩礁域の生物相を調査し、その中でこの海域の生態系および食物網を解析するのに最も適した指標動物を選択する予定であった。しかし、①調査手法としての地引網の制作・改良にてこずったこと、②潜水調査に適した定点を選択することが困難であったこと、③海況や気象条件が思った以上に変わりやすく、調査計画どおりの実施がなかなかできなかったこと、などの理由により、現場での有効な調査はまだ十分に実施できていない。しかし、この鳥取東部海域の沿岸域に適した調査手法は徐々に確立できている。たとえば、本年度より継続的な調査定点とした大谷海岸を含む逸散型砂浜の多いこの海域では小型ドレッジを人力で曳網する手法が有効であることが、平成28年度の調査によって明らかになった。</p> <p>また、浦富海岸の沿岸域における指標生物の候補として、ベントスでは、沖縄などでは絶滅危惧第二種として登録されているキュウシュウナミノコガイが大谷海岸では優占しており、現在のところ予想に反して人工護岸側で個体数が多いことが明らかになったこの事象が一般的なものなのかは、今後の調査結果が必要である。また、夜間に活動することが知られているスナガニに加えて、他のベントスも夕刻から夜間に多く採取される傾向があった。そのため、調査時間を考慮する必要がある。また魚種としては秋季の産卵後に海域へ流下した後に沿岸の砂浜浅瀬で稚魚期を過ごし、春季に河川を遡上するアユと両側回遊を行うスズキが、砂浜環境がもつ水域全体の生態系への影響を図るうえで最適であると判断している。これは、11月から1月にかけての砂浜域や河口域における夜間の調査で、特にアユの稚魚が捕獲されることが明らかになったためである。先ほどの砂浜域のベントスの捕獲個体数に関する知見や、動物プランクトンの日周変動に関する過去の知見からも、砂浜域の生態的価値を調査するうえで、夜間調査の手法を今後詳細に詰めていくことが必要である。</p> <p>さらに砂浜域の代表的な植生である海草（アマモ）群落に関して、毎月一回の調査を実施した。日本海沿岸、特に鳥取県沿岸のアマモ群落調査は非常に少ない。その結果、日本海のアマモ葉多年生、初夏から晩秋にかけて、そのバイオマスは減少するものの被覆度と株数はそれほど変化しないことが明らかになった。このバイオマスの減少は葉長の減少と枯死によるものであり、興味深いことにこのアマモのバイオマスとアマモ群落で採取された動物プランクトンの個体数には相関がみられた。以上の結果からアマモの葉表面の微生物群落（付着微細藻を含むバイオフィーム）が動物プランクトンの現存量に影響を与えていることが示唆され、アマモ葉表面がその海域の微生物性の基礎生産者の生息場として重要であるという仮説が支持される結果を得ることができた。</p>
<p>次年度研究計画</p>	<p>平成29年度(2017年度)は本研究課題の最終年度であるため、これまでの研究成果を踏まえて下記の調査及び実験を計画している。</p> <p>①調査海域を大谷海岸とその周辺海域に設定する。この場所で数回の生物相調査を行う。調査は、魚類および無脊椎動物に関しては、地引網とサーフネット、および小型ドレッジ(人力曳き)を行う。</p> <p>②動物プランクトンに関しては、プランクトンネットとそりネットを用いる。</p> <p>③浮遊性および付着性（底生）微細藻と細菌試料については、プランクトンネットとバンドン採水器による採水およびメンブレンによるろ過を行う。</p> <p>④これらの生物試料調査を、年に一回は24時間観測を行う。これは、夜間、動物プランクトンと比較的大型の生物の活動が活発化するためである。</p> <p>⑤昼間、ベントスの巣穴や岩の間隙等の生息場の観察を内視鏡を用いて観察する手法を試みる。</p> <p>⑥アマモ群落の消長と周辺の動物プランクトンの関係をつなぐ存在として、アマモ葉上の微生物被膜を想定し、この微生物の顕微鏡観察と酵素活性(特にセルラーゼ活性)、そして遺伝子による群集解析を行う。</p>
<p>報告責任者</p>	<p>所属・職氏名</p> <p>公立鳥取環境大学 企画広報課 渡邊 智子 電話番号 0857-38-6704 電子メール kikaku@kankyo-u.ac.jp</p>

- 注1) 表題には、環境部門、地域部門、北東アジア学術交流部門のいずれかを記載すること。
- 2) 「研究期間（ 年目/ 年間）」及び「次年度研究計画」は、環境部門のみ記載すること。
- 3) 研究者の知的財産権などに関する内容等で、非公開としたい部分は、罫線で囲うなど明確にし、その理由を記すこと。
- 4) 研究実績のサマリーを併せて提出すること。

鳥取県環境学術研究等振興事業費補助金研究（環境部門）

平成28年度 研究報告サマリー

課題名：浦富海岸の岩礁とサーフゾーンの生物相・生態系構造解析

研究組織：吉永郁生（代表，公立鳥取環境大学環境学部）
太田太郎（分担，公立鳥取環境大学地域イノベーションセンター）
和田年史（分担，兵庫県立大学自然・環境科学研究所）
小林志保（分担，京都大学フィールド科学教育研究センター）
原口展子（分担，島根大学汽水域研究センター）

全体計画

山陰ジオパークの一地域である浦富海岸は侵食地形の岩礁と砂浜が交互に連なる景勝地として有名である。一方でこの海域では、古くから沿岸漁業が行われており、ハマチやサワラなどの回遊魚のみならず、カサゴやキスなどの地付きの魚類は漁業者にとっての重要な資源である。これらの魚にとって浦富海岸の岩礁や砂浜に生息する稚魚類や、貝類を含む軟体動物と甲殻類などは餌資源として重要である。さらにこれらの餌となる微細な動物や植物の動向も、岩礁の大型藻類と共に、これら岩礁と砂浜の生物生産にとって重要であるにもかかわらず、詳細な検討はあまりなされていない。近年危惧されている磯焼けを含め、沿岸の魚介類資源の減耗にその生息域である岩礁と砂浜の環境と生態系基盤が関わっていることは疑うべくもなく、根本的な沿岸資源の回復を目指すならば、生態系構造を含む基礎科学的な知見の蓄積が必要である。

本研究では、この海域の沿岸生態系を、微生物性の基礎生産者（底生微細藻、付着性微細藻、および植物プランクトン）から植食者を経て大型の海洋生物にいたる食物網解析を中心として解析することを目的としている。ここで、基礎生産者を微生物性の生物に限定した理由は、従来、砂浜の海草（アマモ）や岩礁の海藻類と海洋生物との関連性を論じる場合、実際の基礎生産者と目される微生物性の植物に関する知見が比較的粗く、またその価値を過小評価していると考えたからである。なぜならば、多くの海洋生物、とりわけ、小型の動物プランクトンや仔稚魚および貝類や環形動物などのベントスにとって、アマモや大型海藻類は餌料としてはほとんど利用されないからである。むしろ、このような浅海域の植生は微生物性の基礎生産者の「棲み場所」として、岩礁や護岸壁などの付着基盤や波浪・潮流の強弱、さらには河川や地下水による淡水流入の有無などととも浅海域の生産力を規定する要因として注目すべきだと考えている。

3年間の本研究計画において、1，2年目は、主に浦富海岸の砂浜域と岩礁域の生物相を調査し、その中でこの海域の生態系および食物網を解析するのに最も適した指標動物を選択する予定であった。しかし、①調査手法としての地引網の制作・改良にてこずったこと、②潜水調査に適した定点を選択することが困難であったこと、③海況や気象条件が思った以上に変わりやすく、調査計画どおりの実施がなかなかできなかったこと、

などの理由により、現場での有効な調査はまだ十分に実施できていない。しかし、この鳥取東部海域の沿岸域に適した調査手法は徐々に確立できている。たとえば、平成27年度に実施した地引網調査では、この海域の砂浜に、アユやウキゴリなどの内陸性の魚種の幼稚魚が生息しており、この沿岸域の浅場環境が内陸の水産資源にも影響を与えていることを明らかにした。もちろん、ヒラメやスズキ、キスやアジ類などの沿岸の水産資源に関しても重要である。また小型ドレッジを人力で曳網する手法は、逸散型砂浜の多いこの海域では有効である可能性が、平成28年度の調査によって明らかになった。このベントス調査によって、底生の貝類や環形動物など、高次生物の餌資源に関しても徐々に知見が蓄積されつつある。これらの知見から、今後、鳥取県西部の沿岸浅場環境の管理を行ううえで、水産資源上の重要生物種はもとより、これらの生物種の周辺のすべての生物種を含めた関係性を明らかにする必要がある、またこの複雑な生態系を支える基礎生産者を含む低次生態系にも注目する必要がある。平成28年度(2016年度)は、この低次生態系の住み場所としての海草(アマモ, *Zostera marina*)の葉上微生物被膜(バイオフィーム)に関して今後調査を行ううえで必要な基礎的な知見と考える、鳥取県のアマモ群落の季節消長とそれに付随する動物プランクトンの質的および量的な調査を行った

平成27年度事業結果

1) 港湾内のアマモ群落の季節消長と動物プランクトンの現存量調査

鳥取県東伯郡湯梨浜町の泊漁港内に分布するアマモ場を調査海域とし、2016年5月から11月にかけて月1回の頻度で調査を実施した。調査では、まず岸壁より他項目水質計による水質測定を行った(海面より約1m付近の水温、塩分、PHを測定)。さらに潜水観察により、調査海域内設定した3本の定線上でアマモの有無を確認し、アマモの被度(%)を推定した。さらに、アマモ

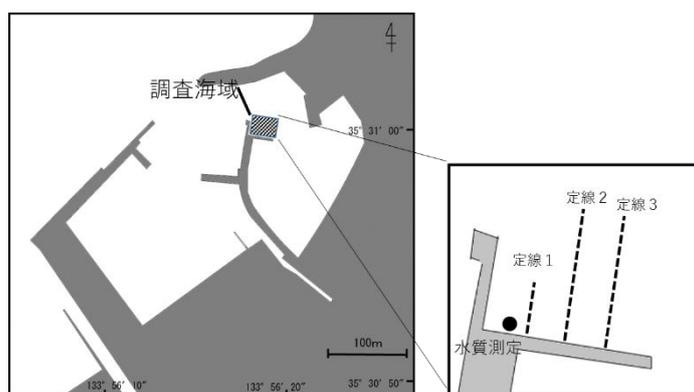


図1 泊漁港における調査海域(左)と潜水調査の定線と水質測定箇所

の繁茂している任意の4箇所以上において30cm×30cmのコドラートを設置し、コドレート内のアマモの株数を計数し、繁茂箇所におけるアマモの密度(本/m²)を推定した。さらにアマモの一部を根元から刈り取り、研究室において葉長(cm)、葉幅(cm)を

計測した。これらの値を元に、以下の式により調査海域内のアマモ場の量を表す指標（以下VIと記載する）を算出した。

$$VI = \text{被度 (\%)} \times \text{密度 (本/m}^2\text{)} \times \text{平均葉長 (cm)} \times 10^{-5}$$

その他、小型のソリネット（幅50cm、高さ10cm、袋網の目合335 μ m、岸壁から人力で約7m曳網）により、アマモ群落内及びその周辺の甲殻類を中心とした小型生物の採集を行った。

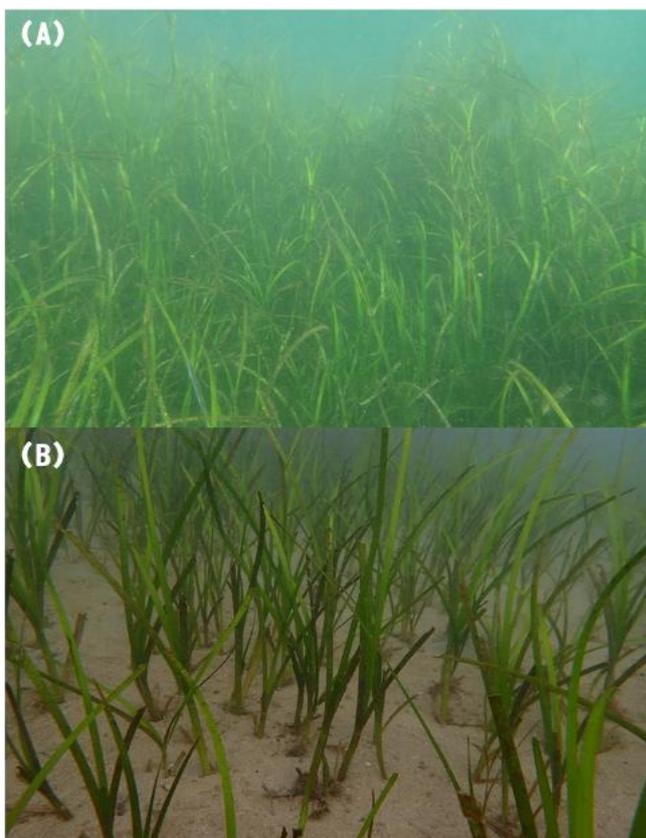


図2 泊漁港におけるアマモ場の様子
(A) H28.5.31撮影 (B) H28.11.7撮影

アマモ場の被度、密度については季節推移に伴う顕著な傾向は認められなかったが、

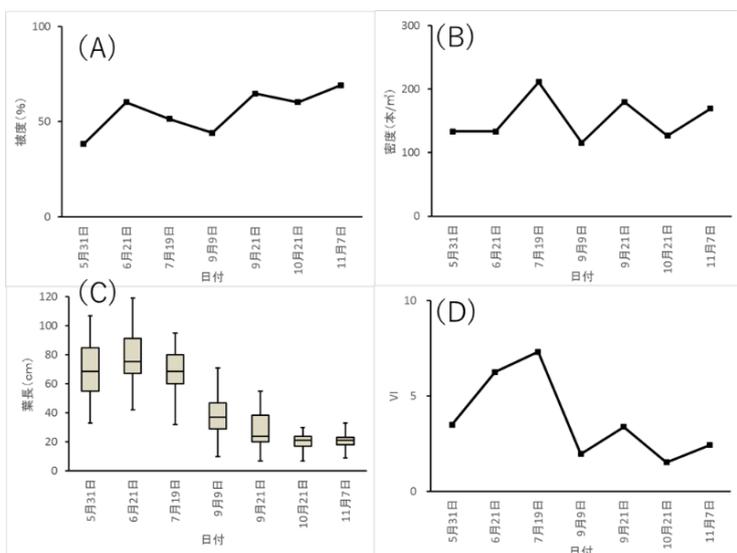


図3 泊漁港におけるアマモ季節消長
(A) 定線観察による分布被度の推移
(B) コドラート調査による分布密度の推移
(C) 葉長の推移（箱中央ライン：中央値、箱：25%値～75%値、ヒゲ最小値～最大値）
(D) VI（被度（%）×密度（本/m²）×平均葉長（cm）×10⁻⁵）

葉長については9月以降に低下する傾向が認められ、葉長の低下によりVIの値も9月以降低下する傾向が認められた（図3）。当該海域におけるアマモ場は、他海域と同様に夏場の高水温期を境に衰退する傾向が確認されたが、その面積（被度）や密度に季節的な変化が確認されなかったことから、老成個体の葉の先端部の枯失と並行し、栄養繁殖による世代交代によって新規個体が加入し、群落全体が消失することなく維持されているものと考えられた。

ソリネット調査では、多様な分類群の小型甲殻類が採集された。全体の採集密度については、6月に最大となり、7月以降は減少する傾向が認められた（図4）。また、アマモの量の指標であるVIが高いほど小型甲殻類の採集密度も高くなる傾向が認められ（図5）、アマモ場における小型甲殻類の収容力は、アマモの量により左右される可能性が示された。

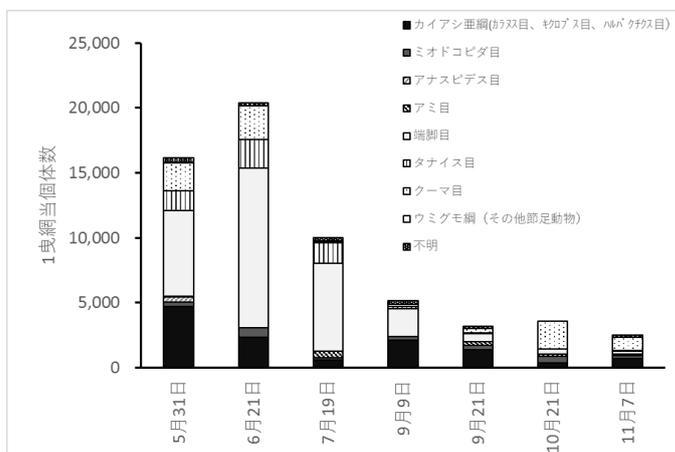


図4 ソリネットでの小型甲殻類の分類群別採集密度の推移

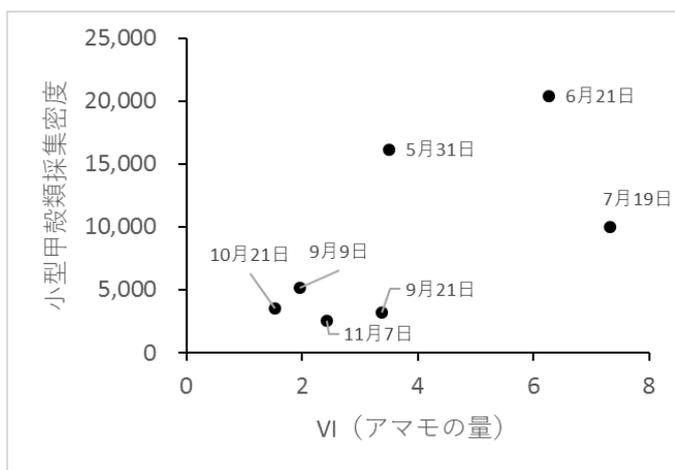


図5 アマモの量（VI）とソリネットでの小型甲殻類の採集密度の関係

今回の調査では、アマモ場の魚類仔稚魚の成育場としての機能について検討する上で最も重要な春季の調査を行えなかったことや、アマモ場周辺に分布する魚類仔稚魚の摂餌生態を直接調べることは出来なかったが、アマモ場が魚類仔稚魚の餌場として重要な役割を果たしており、その機能はアマモ場の盛衰に伴って変化している可能性が示唆された。

本調査は、鳥取県中部の漁港内のアマモ場をモデルフィールドとし、その機能の一部、特に魚類仔稚魚の餌場としての機能を明らかにするための調査を実施した。今後、沿岸生態系におけるアマモ場の価値についてより理解を深めるためにも、小型甲殻類の餌となる懸濁態有機物や微生物、さらに小型甲殻類を餌資源として利用する魚類など、生物群集全般の調査を行い、これらの食性解析や安定同位体分析などにより生物生産構造の全容の解明が望まれる。さらには、アマモ場に限らず、ガラモ場や砂浜域など様々なタイプの前浜海面の生態的機能を解明することは、前浜の環境改善に係る漁業者活動等を評価する上でも極めて重要であり、これらの活動をより実効性のあるものにするためにも知見の蓄積は重要と考えられる。

2) 大谷海岸の砂浜域におけるベントス調査

沿岸域は海が陸地や河川と接する重要な場であり、海洋生態系においても単位面積当たりの生産性が最も高い場である。特に河口域は海域の生物生産の原動力として欠くことのできない有機・無機の化合物を溶解した河川水が海水と混合する場であり、河川水が運ぶ砂粒が堆積した砂浜海岸が周辺に発達する。近年、小型魚類や稚魚の生息域として、砂浜海岸が重要であることが広く認知されてきている。実際、人工護の垂直岸壁近傍の海域と砂浜海岸近傍の海域に出現する仔稚魚の種類や優占種が異なるという報告（日下部ら，1998）や、仔稚魚の出現率を砂浜域と河口域で比較した結果、河口域の仔稚魚は砂浜域でも多く見られ相互に関連しているという報告がなされている（藤田，1998）。そのため砂浜海岸に出現する仔稚魚に加えて、その捕食対象となるプランクトンやベントスなどの小型の砂浜海岸生物の生態は、砂浜海岸のみならず沿岸域の生態系の保全にとっても重要である。

当初は、平成27年度に地引網調査を行った小栗浜と熊井浜でベントス調査を行う予定であったが、小栗浜で夏季に遊具の設置を伴うイベントが開催されたため、調査域を大谷海岸に変更した。結果的にこの海岸は、周辺環境やアプローチも調査に適しており、この海域を今後のモデル調査海域とすることにした。数回の予備調査の後、2016

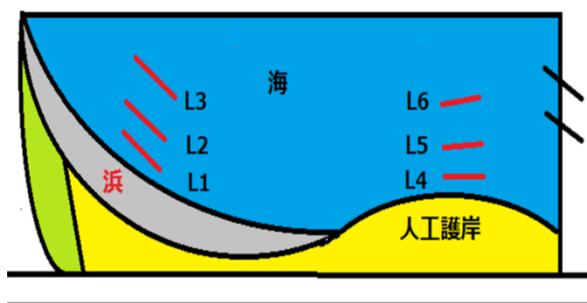


図1 大谷海岸に設定した定線（L1～L6）

年11月14日に、鳥取県岩美町大谷海岸で、小型簡易ドレッジ（高さ20cm，幅40cm，網目合い1mm）によるマクロベントス採集を行った。大谷海岸の中で陸域の景観が異なる（天然砂浜と人工護岸）近接する二地点で、陸地から沖合に向けて3本の調査定線

(L1～L3およびL4～L6) を設定し，9：00(干潮)，13：00，16：00(満潮)，18：00の計4回，20mの曳網によりマクロベントスを採取した(図1)。現地でホルマリン固定し，後日，選別と種同定，およびサイズの計測を行った。

全24回の簡易ドレッジ牽引の結果，L1～L3から17種，L4～L6から13種のマクロベントスを採集できた。もっとも個体数が多かったのはキュウシュウナミノコガイ (*Donax kiusiuensis*) であったが，人工護岸側の定線 (L4～L6) で多く採取された。

全調査時刻で採集されたマクロベントスについて定線別に Shannon-Wiener の多様度指数 H' を算出し，比較したところ，L1 が最も高い値を示した(表1)。砂浜側 (L1～L3) と人工護岸側 (L4～L6) でそれぞれ水深ごとに多様度比較をすると，両水域とも最も水深の浅い陸側の定線 (L1 と，L4) の多様度指数 H' が最も高い値となった。全体として，天然の砂浜が残る海岸に面したまた，定線 (L1～L3) の方が，L4～L6 より多様度指数 H' が高い値となった。

表1 2016年11月24日(調査日)に採集したマクロベントスの各定線の多様度指数 H' (A) と各時間および各調査定線別の多様度指数 H' (B)

(A)		(B)			
		9:00	13:00	16:00	18:00
L1	2.226281	2.237516816	1.584962501	0	0.985228136
L2	1.245109	0.286396957	0.297472249	0.868392729	1.517400992
L3	1.842994	2.55466273	1.764238976	1.095866215	1.999396196
L4	1.989898	/	1.49111485	1.584962501	0
L5	1.32851	0.826999813	0.749595257	0.534487512	1.319458614
L6	1.341556	0.965536041	0.547580672	1.035151845	2.012469766

汀線の形状が人工護岸と自然砂浜の異なるL1とL4では個体数および種数とも最も差が出ると予想したものの，結果的に両調査定線ともに採集個体数が他の定点に比べ少なく，大きな差異が見られなかった。しかし，多様度指数 H' は最も浅い調査定線で高いことから，陸域と海域の境界という独特かつ不安定な環境によって多様度が高くなるものと考えられた。また，採集個体数および種数ともにL1がL4を上回っていた。このことより，人工護岸によって自然砂浜の汀線が失われることは，ベントスの生態系に少なからず影響がある可能性が示唆された。

今回，マクロベントスを多く採集することができたことから，小型簡易ドレッジの人力による牽引は砂浜域のマクロベントス採集に有効な手段であるといえる。しかし，端脚類などの小型甲殻類の採集を目的とした調査を行う場合は，時間帯と器具をさらに選ぶ必要があると考えられた。また，牽引する方法や，牽引ラインのとり方もさらなる工夫の必要性があると考えられた。

文献

・日下部敬之．(1998)，3. 砂浜海岸と垂直護岸の比較，砂浜海岸における仔稚魚の生物学Ⅱ. 他の生物圏との比較及び関係(千田哲資・木下泉 編)，pp. 30-41，恒

星社厚生閣

藤田真二．（1998）, 4. 砂浜海岸と河口域浅所との比較, 砂浜海岸における仔稚魚の生物学Ⅱ．他の生物圏との比較及び関係（千田哲資・木下泉編集）, pp.42-51, 恒星社厚生閣