

パンダが食べ残した竹の利用 —イカ産卵床およびマクロベントス付着基盤として—

The utilization of bamboo, uneaten by Pandas,
which serves as spawning grounds for squid and a habitat for macrobenthos

山守 瑠奈 (Yamamori, Luna)¹・新東 貴行 (Shinto, Takayuki)²・加藤 哲哉 (Kato, Tetsuya)¹・
山内 洋紀 (Yamauchi, Hiroki)¹・山本 恒紀 (Yamamoto, Kohki)¹・原田 桂太 (Harada, Keita)¹・
武藤 岳人 (Mutoh, Takehito)¹・横部 智浩 (Yokobe, Tomohiro)³・下村 通誉 (Shimomura, Michitaka)¹

1：〒649-2211 和歌山県西牟婁郡白浜町459 京都大学瀬戸臨海実験所／京都大学白浜水族館

2：〒649-2201 和歌山県西牟婁郡白浜町堅田2399 アドベンチャーワールド（株式会社アワーズ）

3：〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 京都大学フィールド科学教育研究センター

海藻の減少と里山の放棄竹林

海藻や海草が生える浅海の藻場は、光合成による一次生産や小型の魚類や底生生物に対する生息場所の提供を通して豊かな生物相を育む。しかし、近年は海水温上昇や潮流・栄養塩の変化、また藻類を食べる魚やウニ類の分布拡大および個体数の増加によって、全国的に海藻が著しい減少傾向にある。

一方で、里山のモウソウチクなど大型の竹類の林では、近年筍や竹材生産の減少により管理放棄される竹林が増加し、近隣の土地（休耕農地や広葉樹二次林など）への竹の侵入が大きな問題としてとらえられている。例えばモウソウチクは稈高が最大25 mといわれ、樹高の低い広葉樹二次林に侵入する場合には光の獲得競争の結果により広葉樹は衰退してモウソウチク純林になりやすいとされる。このような中で、竹資源の新たな管理・利用法が求められている（柴田，2010）。

和歌山県西牟婁郡白浜町のアドベンチャーワールドでは2025年5月現在4頭のジャイアントパンダが飼育されており、主に大阪府岸和田市ならびに京都府の竹林から竹を伐採することで餌料の確保と同時に里山保全に取り組んでいる。一方でパンダは新鮮な葉の一部のみを摂餌するため、パンダの餌料とならない竹幹や食べ残しは大量の廃棄物となる。園では「パンダバンブープロジェクト」としてこのような残渣を竹チップや工芸品として再利用し、情報発信を行うことで社会普及活動に取り組んできた（株式会社アワーズ，2025）。そして、2022年より餌料残渣の竹を束ねて沿岸に沈め、アオリイカの産卵床や底生生物の生育環境として活用する取り組みを開始した。

束ねた樹木の枝や竹を海に沈めると隠れ家を求めた魚類が集まることは古くから知られており、日本各地や東南アジアで伝統的に罾魚（ふしつけ）ないし漬魚や柴漬と呼ばれる漁法として利用されてきた（小川，1968）。柴漬漁は魚類やイカ類にすみかや産卵場所を提供し、生育させてから漁獲するという栽培漁業の側面を持つ漁法であり、日本の沿岸域では日本海側から南西諸島にかけて行われていたシイラ漬漁業、沖縄で行われてきたパヤオ、九州地方のイカカゴ漁などが挙げられる。このように、里山や沿岸域に生育する竹や樹木は古くから沿岸生態系の保全や資源量の増殖といった里海の涵養に利用されてきた。本記事では、海藻が減少し基礎生産が低下する沿岸域にパンダが食べ残した竹を魚礁として沈めることで、イカの産卵床やマクロベントスの付着基盤として竹を利用する取り組みについて紹介する。

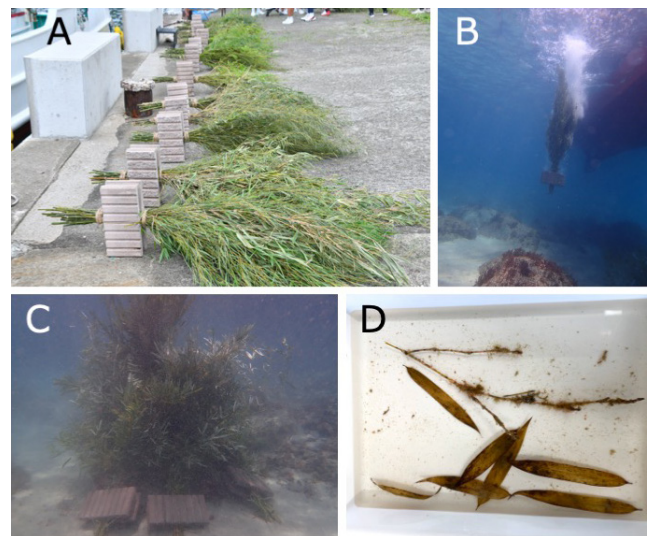


図1 竹魚礁設置の様子。A：陸上にて製作された竹魚礁，B：船から水中に魚礁を投下する様子，C：水中で移動され組まれた竹魚礁，D：付着マクロベントス観察のために採集された葉。

竹魚礁の制作と設置

ジャイアントパンダには年間10種類近くの竹が餌として与えられているが、初夏の時期にはモウソウチクとヤダケの葉が中心的な餌料とされている。パンダが摂餌を終えた後の竹は1日から1週間貯蔵された後、魚礁作成に利用された。竹2種の枝と葉それぞれを3穴コンクリートブロックに詰め、枝の脱落を防ぐためにブロックから出た両端を麻紐で結束した（図1A）。作成した竹束を船に積んで白浜町日置の伊古木漁港の港湾内水深5～7 mの浅瀬に沈め（図1B）、水中で3～4基を組むことで1.5～2.5 m程度の高さの魚礁を築いた（図1C）。魚礁は2024年6月から8月の間に計60基を設置した。

伊古木漁港内の海底は、スロープ付近は転石帯となっている。最初に魚礁を沈めた6月、転石帯には丈50 cm程度までのホンダワラ類やウミウチワがまばらに生育していた。スロープから沖側に向けて次第に直径1 m程度の岩が点在する砂地へと底質環境が変化し、砂地にはクツワハゼやタコノマクラ等が見られた。また、岩上にはユビノウトサカやイシサング類、イバラカンザシなどの固着生物のほか、カギケノリやガラガラ等の10 cm未満の藻類が生育していた。

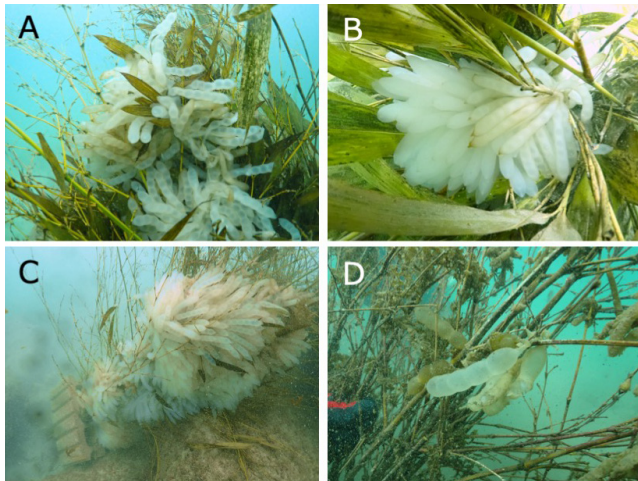


図2 竹魚礁に産み付けられたアオリイカの卵塊。A：モウソウチクに産み付けられた卵塊，B：ヤダケに産み付けられた卵塊（7月11日），C：桿を覆うほど多数産み付けられたアオリイカの卵塊（7月25日），D：僅かに残存したアオリイカの卵塊（9月25日）。

アオリイカによる竹魚礁の利用

設置後翌々週から、天候の良い週に潜水でイカの産卵状況を目視で観察した。1回目の潜水調査を行った2024年7月11日には既にモウソウチク、ヤダケともに全体の7割程度の竹魚礁に多数のアオリイカの卵塊が産み付けられていた（図2A, B）。その後も産み付けられた卵塊の数は増加し、7月25日には桿が完全に卵塊に覆われた竹も見られた（図2C）。最終的に、8月には伊古木漁港内に設置された合計60基の竹魚礁はほぼ全てにアオリイカの産卵が確認されたことから、魚礁はアオリイカの好適な産卵場所として利用されていると考えられる。8月13日までは継続的に多くの新しい卵塊が見られたが、9月9日の観察時には産み付けられて間もない卵塊は見られず、わずかに残った卵のうが数個見られるのみであった（図2D）。観察期間中、周囲の海藻類への産卵は見られなかった。

アオリイカの人工魚礁への産卵について、徳島県沿岸部にて行われたアマモ場とガラモ場の近辺にコンクリートと鋼材を用いた高さ1.10～1.35 mの人工産卵床を設置した実験では、人工魚礁には周囲のアマモやホンダワラ藻類に比べて多くのアオリイカ卵が産み付けられ、海藻に比べて大型で持続性の長い魚礁群がアオリイカの重要な産卵場となること示されている（上田ほか，2002）。伊古木漁港内にも水深5 m以浅の転石帯にはホンダワラ類が疎らに見られるが、2024年6月から10月の調査

期間中にホンダワラ類へのアオリイカ卵産卵は見られなかった。竹魚礁は高さが1.5～2.5 m程度あり、夏季に枯死が始まった丈50 cm以下のホンダワラ類に比べて構造物として大型であるため、アオリイカにより好まれたと考えられる。

竹魚礁上のマクロベントス生息状況

マクロベントスの生息状況については、設置後7月から8月の調査時に6月26日に設置したモウソウチク・ヤダケそれぞれの枝葉を採集し、竹上の生物を観察・同定した（図1D）。竹魚礁を設置してから2週間後の初回の観察で既に多数の小型底生生物が竹葉上で見られ、竹魚礁がイカの産卵床だけではなく底生生物の生息環境としても利用されていることがわかった。

観察された生物の一部を紹介する。初回調査の7月11日から、竹類の葉上には石灰藻類や大型藻類の幼体が見られた（図3）。藻類について、観察開始時の7月11日に採集された枝からはヤダケ、モウソウチク共にケイギス（図3A）が観察されたほか、モウソウチクの枝上からはケイソウ類（図3B）およびアオリ属の緑藻類が観察された。8日後の7月19日には更にイギスとフクリンアミジが観察されたほか、7月25日には双方の竹から石灰藻類（図3C）が見られ始め、ヤダケからはフクロノリとコブソゾが、モウソウチクからはカギネノリやイバラノリ属の紅藻類が観察された。また、設置から2ヶ月弱が経過した9月9日には、竹の枝上に多量のシワヤハズが生育している様子が観察された（図4A）。ここから、水温が下がり藻類が生育する時期には、竹魚礁は大型藻類の生育基質としても機能することがわかった。

底生動物について、環形動物では7月11日からヤダケ葉上にシリス科とフサゴカイ科（図3D）、モウソウチク葉上にはヒル類が見られた（図3E）。その後7月19日からはウロコムシ科および複数種のゴカイ科がヤダケ・モウソウチクともに見られた。一部のゴカイ科は葉上に泥の棲管を作り、頭部を棲管から出して生活していた（図3F）。その後はシリス科、サシバゴカイ科、オフエリアゴカイ科の *Armandia* sp. が見られた。また、竹魚礁を設置して約ひと半月後の8月14日には、石灰質の棲管を作るウズマキゴカイ科（図3G）のほか、同じく石灰質の骨格を作る外肛動物のコケムシ類が見られた（図3H）。

甲殻類は7月11日からワレカラ類が見られたほか（図3I）、フジツボ類の小型個体も同日から観察された。7月19日からはタナイス類（図3J）が見られたが、種数、個体数ともに少数であった。軟体動物は7月11日の観察時点から腹足類の卵塊が確認された（図3K）。その後7月25日には成体のマツムシが、その後7月19日にはシマハマツボが見られた（図3L）。その

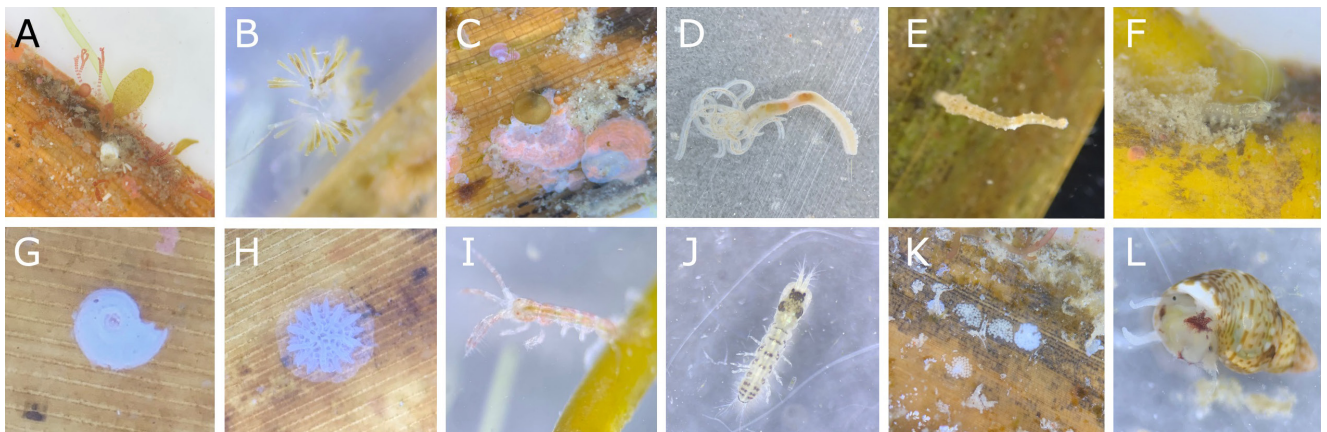


図3 竹魚礁上に見られた藻類とマクロベントス。A：ケイギスと褐藻類の幼体，B：珪藻類，C：石灰藻類，D：フサゴカイ科，E：ヒル類，F：ゴカイ科，G：ウズマキゴカイ類，H：コケムシ類，I：ワレカラ亜目，J：タナイス亜目，K：腹足類の卵塊，L：シマハマツボ。



図4 アオリイカの産卵が終了した後のイカ魚礁の様子。A：竹上に付着したシワヤハズ、B-C：竹魚礁の上および周辺に集まったマガキガイ。

後は8月14日にクロヘリアメフラシの小型個体およびフトコロガイが見られた。イカの産卵が終了した9月9日以降の観察では、竹の枝葉の基部および竹魚礁の下、また魚礁を固定するブロックの上に多数のマガキガイが集合していることが観察された(図4B～D)。その他の動物分類群では、センチウ類が7月19日から葉上の泥中で断続的に見られていた。

シマハマツボやワレカラ類などの藻類上にて見られることの多い生物のほか、一般に砂溜まりに生息するミズヒキゴカイ類や造巣性のゴカイ類が竹葉上に蓄積した砂を利用して生息していたことから、竹の葉が多様なハビタットとして機能することが示唆された。尚、今回の手法では魚礁を一時的な生息場所として利用している遊泳生物や俊敏な甲殻類等は観察できていないため、水中カメラを使用したモニタリングなども現在検討している。

白浜水族館におけるイカ卵と幼生の展示および放流

7月19日、8月13日の潜水調査時に竹魚礁に産卵されたイカの卵の一部を水中でトスロンに収容し、京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所水族館(京都大学白浜水族館)にて飼育展示をした。搬入された卵は幅85 cm×奥行100 cm×高さ60 cmの水槽内で飼育され(図5A)、搬入から約1週間で孵化が始まり、1つの卵塊から最大約1,500個体の稚イカが孵化した(図5B)。詳細な飼育環境および孵化数については、原田ら(2024)に詳述されている。孵化した稚イカは白浜水族館前の北浜に毎日放流された。

竹魚礁の沿岸生態系への効果

前節のように竹魚礁は様々なマクロベントスの生息基盤および藻類食者の餌となることで、沿岸域の基礎生産を向上させる働きがあると考えられる。竹魚礁は分解されるので生息基盤として機能する時期は限られるが、一方で9月以降に竹魚礁周辺で多量のマガキガイが観察されたことから、竹の分解物も堆積物食者に利用されることが示唆された。このように、竹魚礁は生息基盤および餌として、浅海の生態系の一次生産を補助する機能を持つと考えられる。

さらに、アオリイカは藻類食性魚類の稚魚を捕食することが近年の研究で示されている(島, 2022)。竹魚礁でアオリイカの個体数を直接的に増加させることで、海水温上昇等によって数を増やしている藻類食者への捕食圧を高め、海藻の被食による減少を抑える効果も期待される。

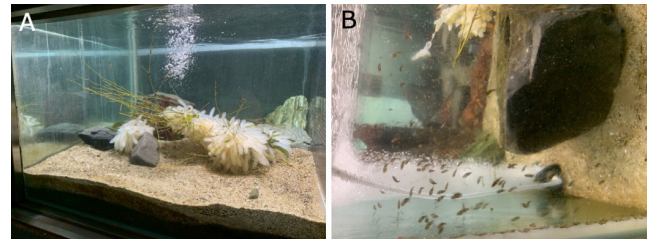


図5 白浜水族館にて展示されたアオリイカの卵塊(A)と卵塊から孵化した稚イカ(B)。

竹魚礁の教育普及活動と里山・里海保全

竹魚礁の制作の一部は、社会学習の一環として和歌山県白浜町日置中学校の生徒の協力のもと行われている。このように、実際に自らが竹魚礁を製作しその魚礁が海で様々な生物の生息基盤や産卵床として利用されていることを知ることで、沿岸域の環境を里海として育む教育活動への寄与が期待される。また、白浜水族館では2024年7月19日から8月7日および8月13日から31日にイカ卵および孵化した稚イカの展示を行い、パンダの食べ残した竹をイカの産卵床として利用する取り組みを全国からの来館者に向けて紹介した。

沿岸域への竹魚礁の設置は竹林の適切な管理を通して里山を保全し里海の生産力を向上させることが期待され、2025年も継続が予定されている。丁度本記事が皆様のお手元に届く頃、私たちは竹魚礁を作り始めているだろう。

謝辞

本調査の実施にあたり、小出渡船小出誠様はじめ伊古木漁港港湾関係者の皆様には、魚礁設置許可並びに設置に際した船舶運行等多くのご協力を頂いた。魚礁制作作業は白浜町日置中学校の皆様に、設置作業はダイビングショップエルマールの溝部将孝様にご協力頂いた。株式会社アワーズの徳岡晃一様にはプロジェクト推進にご協力頂いた。また、魚礁上の貝類の同定に際し、京都大学農学部宮崎息吹様にご協力頂いた。京都大学フィールド科学教育研究センターの益田玲爾様ならびに杉山賢子様には、原稿作成においてご助言・ご助力を頂いた。竹魚礁の設置に関しては、アオリコミュニティ(YAMARIA)様の助成を受け遂行された。この場を借りて、上記の方々に深く感謝申し上げる。

引用文献

- 原田桂太・山内洋紀・加藤哲哉・山守瑠奈・新東貴行. 2024：パンダバンブープロジェクトとのコラボ企画。臨海・臨湖, 41, 3-5.
- 株式会社アワーズ. 2025：パンダバンブープロジェクト, サステナビリティ方針02. <https://www.ms-aws.com/vision/sustainability/policy02/> (2025年2月6日参照)
- 小川良徳. 1968：人工魚礁と魚付き。水産増殖, 1968 (Special7), 3-21.
- 柴田昌三. 2010：竹資源の新たな有効利用のための竹林施業。森林科学, 58, 15-19.
- 島隆夫. 2022：アオリイカによるアイゴ稚魚捕食。海洋生物環境研究所研究報告, 27, 49-57.
- 上田幸男・高木俊祐・廣澤晃. 2002：徳島県穴喰町地先に設置したアオリイカ人工産卵礁に産み付けられた卵囊塊量の推定。徳島県立農林水産総合技術センター水産研究所研究報告, 1, 9-18.