

2021年度オンラインミニシンポジウム 「フジツボを学び、食す」開催報告

開催日：2021年10月15日（金）
開催方法：Zoomによるオンライン開催
主催：日本付着生物学会
参加者数：63名

開催趣旨：

人々の暮らしや経済活動に悪影響を及ぼす付着生物の存在は大きく、防汚が当学会の研究テーマに占める比重として大きいものがあります。しかしその反面、食材や製菓原料、付着素材開発資源としての利用性を持つものもあります。これまで広く伝統的に食されていたマガキやイワガキ、ホタテガイ、マボヤ、イガイ、海藻類とは別に、近年食材としての利用が研究され始めたミネフジツボを代表とするフジツボ類に焦点を当て、それらの生物学や食品としての優位性、利用状況の今を学ぶ機会とします。フジツボとはいったいどのような生き物なのか？フジツボを食材として利用するうえでの戦略は？味の決め手と、肉に隠された栄養価は？フジツボを地域の特産品にするための人々の奮闘ぶり！世界でフジツボはどのように漁獲され、料理されているのでしょうか。そして、食材としての資源を保全する国際的な取り組みはどこまで進んでいるのでしょうか。こういった視点で専門家の皆さんから情報を提供していただきます。

プログラム：

10月15日（金曜日）
12：50-13：10 受付（参加者 Zoom 会議入室時間）
13：10 開会
13：10-13：20 学会長挨拶
河村知彦（東京大学大気海洋研究所）
13：20-13：30 趣旨説明・開催案内
植田育男（日本付着生物学会運営委員
企画担当）
13：30-14：00 フジツボとは
加戸隆介（北里大学）
14：00-14：30 絶品美味・ミネフジツボ養殖技術開発の今
鶴見浩一郎（八戸学院大学）
14：30-14：40 休憩
14：40-15：10 ミネフジツボの脂質成分について
山田秀俊（帝京科学大学）
15：10-15：40 NHK「サイエンスZERO フジツボ」制作秘話～脅威の能力と超絶美味を伝えるフジツボだけの30分番組～
菅野舞（NHK エンタープライズ）
15：40-15：50 休憩

15：50-16：20 ヒトとフジツボ—その悠久の歴史—
富士うらら（海洋生物研究家）
16：20-17：20 Pollicipes フジツボの漁業管理ガリシア（スペイン）からヨーロッパ、そして世界へ
Gonzalo Macho（水産コンサルタント）
17：20 閉会の辞・交流会案内

概要：

当日の講演概要は以下の通りです。

加戸隆介さんは、節足動物門・甲殻亜門で付着生活期を持つ完胸下綱の動物には大きく分けて付着期に筋肉質の柄を持つ有柄類と、付着期に柄を持たず円筒形・円錐台形をした殻でおおわれるフジツボ類があり、このうちフジツボは有柄類に遅れて進化してきたこと、また彼らの生活史の中で、繁殖期に餌として主に利用する珪藻類の生息密度が特に繁殖成功と密接に関わっていること、珪藻類の進化爆発とフジツボ類の出現・進化に関連があることなどを紹介されました。

鶴見浩一郎さんは、なぜご自身がフジツボの養殖化に興味を持ち、とくに本邦産フジツボ類では最大とされるミネフジツボの養殖技術を確認しようとしているかについて、熱く語られました。

山田英俊さんは、ミネフジツボ成体の脂質と脂肪酸組成の季節変化を解析し、卵巣が高い栄養価を持ち、特に他の食品と比較してもn3系脂肪酸（DHA、EPA）を多く含むことを説明され、機能的食品としてのフジツボの可能性を示されました。

菅野舞さんには、NHKディレクターとして自然科学番組の企画から、構成・取材・撮影までの制作エピソードや裏話を楽しく語って頂きました。番組制作へかける情熱を感じた講演でした。

富士うららさんは、歴史的に人がフジツボという生物に対してどのように感じ、考えてきたか、についての様々なエピソードを紹介されました。歴史上の著名な博物学者のユニークなフジツボ研究から、最新のフジツボに学ぶ水中接着剤開発まで、深いフジツボ愛に溢れた講演でした。

Gonzalo Machoさんは、スペイン・ガリシア地方の高級食材であるカメノテ（ペルセバス）の漁業資源管理に漁業者と研究者などが積極的に参加するボトムアップ型の取り組みを紹介されました。日本における地域漁業の持続可能性を意識した管理システム構築にも大変参考になるお話でした。

講演内容への聴講参加者の反応は活発で、各講演者への質問がチャットと口頭で様々に行われ、また講演者か

らは丁寧な返答がなされました。そのような活況の様相を反映して、当初予定の午後5時20分を大きくずれ込んで、午後6時ごろ最終講演者の質疑応答がいったん終了し、その後そのまま交流会へと場面を移しました。交流会でも活発な意見交換がなされ、午後7時にシンポジウムの全日程を終了いたしました。

最後に、途中講演資料の画面共有に手間取る不手際があり、プログラムの時間割を変更いたしました。この件についてお詫び申し上げます。

講演要旨

フジツボとは

加戸隆介（北里大学）

フジツボとは、節足動物門・甲殻亜門・多甲殻上目・鞘甲綱・完胸下綱（Chen et al, 2021）に属する付着して生活する動物群を指す。生活史の中に筋肉質の柄もつもの（ミョウガガイ目など6目）と柄を持たないもの（フジツボ目）がある。系統学的には後者がより新しく、フジツボと言えば後者を指す。フジツボは直接基質に炭酸カルシウムの殻で付着するが、一部は他生物の表面に付着したり表皮組織に埋没したりする。

フジツボの体は、周殻と呼ばれる円筒または円錐台形をした殻（4枚～8枚）と上部の開口部に蓋板と呼ばれる蓋の役を果たす殻（楯板と背板が1対ずつ）で覆われている。殻の内部は全て外套膜で覆われ、頭部と胸部だけからなる体（頭状部）が、腹面を上にもけた姿勢（仰臥位）で楯板の内側にぶら下がっている。胸部には蔓脚と呼ばれる多節で剛毛を備えた長い6対（12本）の胸肢を備え、これらを扇状に広げて水中のプランクトンを捕獲し、口近くの3対（6本）の胸肢を顎脚のように使ってプランクトンを口に運ぶことにより栄養を得ている。

フジツボは濾過食動物であるためその成長と生残は餌であるプランクトンの現存量と密接に関わっている。その主な餌料源は植物プランクトンである。成長速度も生殖巣の発達も珪藻の多い時期に大きい。一方、幼生も深海種を除き植物プランクトン食であることから、その生残は浮遊期の餌の現存量に大きく依存している。チシマフジツボの場合、珪藻のブルームが起こる春にクロロフィルa濃度が1.0mg/Lを越えるのに同調して幼生を孵化させる。また、孵化幼生の生残率は浮遊期間中のクロロフィルa濃度の高さと有意に相関している。フジツボ類の進化史も餌と無縁ではない。フジツボ目の祖先が進化したのは上部白亜紀以降である。海水中では珪藻類がこの時期から新生代にかけて出現と大繁栄が起こっている。系統的に古いカメノテ類やエボシガイ類の幼生が鞭毛藻や渦鞭毛藻類を好適餌料とするのに対し、系統的に新しいフジツボの幼生が珪藻を好適餌料とするのは、彼らが餌の地史的变化に適応して共進化したグループであることを示唆している。こうしたことから、フジツボは珪藻とともに進化してきた動物ということができる。

What are barnacles

Ryusuke KADO (Kitasato University)

Barnacles are sessile organisms classified in Arthropoda, Crustacea, Multicrustacea, Thecostraca, Thoracica. Acorn and goose-neck barnacles are constituents of the infraclass Thoracica.

The acorn barnacles are guarded by four to eight shell plates and four valve plates. They feed on plankton by means of long captorial and short maxilliped-like cirri. Their growth and larval survival are depending largely on phytoplankton, especially diatoms. This suggests that barnacles have had been coevolved with phytoplankton in geological time.

絶品美味・ミネフジツボ養殖技術開発の今

鶴見浩一郎（八戸学院大学）

【目的】 ミネフジツボ *Balanus rostratus* は北太平洋北部の潮下帯に生息する寒流系大型種で、青森県では高級食材として知られるが生産量はわずかである。筆者らはフジツボを効率良く養殖する基本技術を開発した（特許4813608 2011）。これをミネフジツボに適用してその有用性を実証し、東北地方特産の高級水産物としての社会的認知と普及による新規養殖品目のビジネスモデル確立を目指している。現在までのフジツボ養殖技術開発のあらましを報告する。

【方法】 演者らのフジツボ養殖法は、①あらかじめキプリス幼生付着点として小さな未塗装部を設けた無毒型シリコン防汚塗料を塗布した合成樹脂板を種苗基板とし、②人工飼育下でキプリス期まで飼育した大量の幼生を収容した水槽にこれらを投入して付着点で変態させる。③付着したフジツボ幼体はシリコン被膜の下に潜り込みながら1個体ずつ独立して成長を開始し、④これを種苗として水槽中でワムシを給餌して殻底長径3mm程度まで育成後、実海面に移動して養殖し、⑤収穫時に種苗板を湾曲させてフジツボを脱落させ、底面が平面の完全な形のフジツボを得る、というものである。幼生飼育条件は¹⁾吉村らを基に改変した。ほぼ通年繁殖するアカフジツボで基本操作を確認し、繁殖期が年1回12月に限られるミネフジツボに適用し、種苗生産の検討を行っている。

【結果】 過去、ミネフジツボノープリウス幼生の飼育には餌料珪藻 *Chaetoceros calcitrans* 50万～200万 cells/mLが必要と報告したが、その後も安定した飼育結果が得られずコスト的にも実用的な大量飼育は困難だった。一方、青森県栽培漁業振興協会の協力で *Skeletonema costatum* を使用すると2万 cells/mLの餌料密度でキプリスの付着変態まで到達可能であることが判明した。飼育サイズを500Lへ拡大し、大量種苗作成を目指しているが、水槽内での大量付着は未だに安定しない。孵出幼生に対する種苗板への付着到達率は成功バッチで2%程度だが、全体としては0.05～0.01%にとどまっている。ミネフジツ

ポでは4、5齢においては顕著に正負の走光性が混在し、正・負双方に対応した綿密な取扱いが種苗生産の実務上重要であることが判るなど²⁾次第に飼育技術は向上している。その結果、ミネフジツボ種苗板数十枚を作成することが可能となった。現在、青森県八戸水産事務所の協力も受け、八戸周辺3ヶ所の漁家に委託して試験養殖を行っており、種苗の海面展開後1年半で殻底長径40mmを超えるものがあるなど順調な生育が観察されている。一方で収穫前の脱落、他種付着生物の管理などの問題もあり、養殖現場での実務上の知見をフィードバックすることにより実用的な技術の完成を目指している。

- 1) 吉村・野方・坂口 (2006). *Sessile Organisms*, 23(2): 33-37.
- 2) 鶴見・松橋・井戸・加戸 2019年度付着生物学会研究会講演要旨

Development of aquaculture technology of barnacles; the *Balanus rostratus* as a culinary delicacy

Koichiro TSURUMI (Hachinohe Gakuin University)

We have developed a technology for efficiently cultivating barnacles. Through social recognition and information dissemination of barnacles, we begin to establish a business model for new aquaculture items such as *Balanus rostratus* as high-class culinary delicacies specially produced in Northern Japan. In this talk, we outline the development of barnacle aquaculture technology.

ミネフジツボの脂質成分について

山田秀俊 (帝京科学大学)

脂質は3大栄養素の一つであり、脂肪酸は脂質の主要構成因子である。脂肪酸と脂肪酸代謝物は、フジツボにおいて孵化因子や受精卵と幼生のエネルギー源、低温耐性因子としての役割が知られている。我々は、ミネフジツボ卵巣の脂質と脂肪酸組成の季節変動に着目し、解析した。卵巣における脂質量とn-3高度不飽和脂肪酸 (n-3 PUFA) 割合は卵巣の成熟に伴って増加した。これらの結果は、ミネフジツボ卵巣におけるn-3 PUFAの重要性とミネフジツボ卵巣がヒトの健康にとって有益なn-3 PUFAの良い供給源になることを示唆している。

Lipids of *Balanus rostratus*

Hidetoshi YAMADA (Teikyo University of Science)

Lipid is one of the three major nutrients, and fatty acids are major elements of lipids. Fatty acids and their metabolites play important roles in barnacles as hatching factors, energy sources for eggs and larvae, and cold-tolerance factors. We have focused on and analyzed seasonal changes in the lipid and its fatty acid composition of the ovary in *B. rostratus*. The lipid content and n-3 polyunsaturated fatty acids (n-3 PUFA) content increased as the ovary underwent maturation. These

results suggested that importance of n-3 PUFA in *B. rostratus* ovary maturation and *B. rostratus* ovary is a good resource of n-3 PUFA which have beneficial effect for human health.

NHK「サイエンスZEROフジツボ」制作秘話

～脅威の能力と超絶美味を伝えるフジツボだけの30分番組～

菅野 舞 ((株)NHKエンタープライズ
(NHK本体より出向中))

【目的～Purpose～】

船底やスクリューに付着し船舶関係者にとっては大迷惑のフジツボだが、水の中でもピッタリくっつく驚異的な接着力の謎が解明され、夢の接着材に道がひらけてきた。また、青森県ではフジツボをおいしく食べる調理法が開発され、大人気に。新たな養殖法まで研究が進んでいる。なぜフジツボが注目されるのか、科学の視点で迫っていくと、すべてはフジツボの驚くべき生態に関係していた！という事を多くの視聴者に伝える。

【方法～Methods～】

▼出会は「フジツボ夜話」という謎イベント！フジツボに魅了され書いた企画書は即採用。

▼2019年10月20日 (日)『サイエンスZERO～夢の接着剤に！高級食材に！“地味すぎる生き物”驚異の実力』放送。内容は、1.生態・青森での食文化2.養殖研究3.接着機構の応用の3本立て！フジツボを愛する専門家5名に解説して頂きました。

【結果～Results～】

▼視聴者の反応：深夜放送にも関わらず、Twitterでは驚きの反応が続々！

▼番組好評につき、様々な番組展開が！

2019年11月8日『発見！あおもり深世界～めざせ名産品！“フジツボ”意外な魅力～』

2020年8月21日『ロックンローカル』

5分版のネット動画、日本語版、英語版も作成、配信 (※現在配信終了)

英語版30分尺も作成し、ネット配信 (※現在配信終了) 等々。



英語版 URL:

https://www3.nhk.or.jp/nhkworld/en/ondemand/video/2015244/?fbclid=IwAR2_mcMMT5Iww2viXhH20POs9A0dPiAyONYtNmPBpAklielO5Vd5Kzw9D1Y

**Secret story about making NHK “Science ZERO Barnacle”
~30-minutes program just only for reporting amazing
ability and wonderful deliciousness of barnacle~**

Mai KANNO (NHK ENTERPRISES)

We produced a TV program about barnacles' abilities as natural resources and their taste as food resources. We had cooperated with five experts to produce the TV program. Although barnacles are a little-known creature, they are very attractive and interesting. The TV program was well received by many audiences.

After our TV program was broadcasted, many TV programs associated with barnacles were made.

https://www3.nhk.or.jp/nhkworld/en/ondemand/video/2015244/?fbclid=IwAR2_mcMMT51ww2viXhH20POs9A0dPiAyONYtNmPBpAklieO5Vd5Kzw9D1Y

ヒトとフジツボ —その悠久の歴史—

富士うらら (海洋生物研究家)

1) ヒトとフジツボの関わり

有史以来ヒトはフジツボと関わってきた。船の底に付着するフジツボを防ぐため紀元前12世紀頃のフェニキア人は銅板をつけ、古代ギリシャ人は船底にタールと蝨を塗っていたという。食用としての歴史も長い。日本では北海道・東北を中心いくつかの縄文時代の貝塚から食用としていたとみられるフジツボの殻が産出している。北米の先住民はカメノテを好んで食べ、大型のフジツボ *Balanus nubilus* は炭火で焼き、卵巣が熟す時期にはシチューにし、食べた後の殻もコップとして利用されていたという。現在も南米チリでは、世界最大種のピコロコのスープが郷土料理になっている。スペインやポルトガルではカメノテ漁が盛んで、カメノテを専門に採集する漁師が断崖絶壁で漁をしている。

2) フジツボ学の歴史

外側に“貝のような石灰質の殻”があり、体内には海中のプランクトンを集めるための“鳥の羽根のような外見の脚”をもつ風変りなフジツボ類は、ゲーテをはじめ、ゲスナー、ラマルク、キュビエ、リンネなど、ヨーロッパの錚々たる博物学者たちの興味をひき、同時に何の仲間にしてよいか悩ませてきた。だが結局“貝のような石灰質の殻”にまどわされ長らく貝類に分類され続ける。19世紀の前半1830年によくフジツボは、エビ・カニ類特有のノープリウス幼生を経ることがわかり、エビやカニと同じ甲殻類と正式に認められるようになる。その後のフジツボ学の基盤をつくったのはチャールズ・ダーウィンである。ダーウィンは種の起源を著す前、8年間もフジツボ類の研究に没頭し化石から現生のフジツボまで詳しく研究した。現在の付着研究、水中接着剤への応用につながるフジツボ幼生のセメント腺もダーウィ

ンによる発見である。

現在も世界中でフジツボが付着する仕組みを解き明かす研究は続けられ防汚技術や水中接着剤の開発に応用され、医療や工業に役立てられようとしている。

**Humans and barnacles: Fascinating aspects of barnacles
in natural history**

Urara FUJI (Independent Marine Scientist)

Barnacles have fascinated zoologists of the eighteenth century such as Cuvier, Lamarck and Linnaeus but it was classified as molluscs until the barnacle life cycle has confirmed their real nature as crustaceans in 1830. Charles Darwin devoted 8 years to researching barnacles. Darwin's findings on cement glands may have led to the current barnacle-inspired underwater glue research.

**Fisheries management of *Pollicipes* barnacles;
from Galicia (Spain) to Europe and beyond**

Gonzalo MACHO (Fisheries Consultant)

Pollicipes is a genus of stalked barnacles that are highly appreciated as seafood around the world since prehistoric times, due to the thickness and length of its peduncle, the edible part. The genus *Pollicipes* comprises four species. *P. pollicipes* is the most important as a fishing resource, heavily exploited in the exposed coasts of Galicia (Spain) under a co-management TURF (Territorial User Rights for Fishing) system granted to the fishers' guilds (*cofradías*). In this top-down and highly participatory artisanal fishery, the fishers (*percebeiros*) take fundamental part not only in the monitoring but also in the surveillance and decision-making of the fishery, rendering social-economic and environmental sustainability. This species also supports fisheries in Portugal and Spain, and as well in France and Morocco (North Africa). Another two species are exploited in the Pacific; *P. polymerus* in North America, and *P. elegans* in Central and South America. *P. caboverdensis* is the fourth and newest species, supporting a small fishery in Cape Verde Islands (North Africa) in the Atlantic. The talk will focus on the governance and management system in Galician, the largest and most developed *Pollicipes* fishery, but we will also discover and learn from these other experiences and realities around the world.

***Pollicipes* フジツボの漁業管理**

ガリシア (スペイン) からヨーロッパ、そして世界へ

Gonzalo MACHO (水産コンサルタント)

Pollicipes は、有柄目 (柄を持つ) フジツボの一属で、食用部分である柄の太さと長さから、先史時代から世界中で海産物として高く評価されている。*Pollicipes* 属は

4種で構成されている。

P. pollicipes は漁業資源として最も重要であり、ガリシア（スペイン）の波風にさらされた海岸では、漁師ギルド（cofradías）に与えられた共同管理TURF（Territorial User Rights for Fishing、漁業権）システムの下で大いに漁獲されている。このトップダウン式の参加型漁業では、漁師（percebeiros）が監視だけでなく漁業の意思決定にも基本的に参加し、社会経済的そして環境的な持続可能性を意識して実践している。この種は、ポルトガル

とスペイン、そしてフランスとモロッコ（北アフリカ）でも漁獲されている。太平洋では他に2種が漁獲されている。北米では*P. polymerus*、中南米では*P. elegans*である。*P. caboverdensis* は4番目の新しい漁獲種で、大西洋のカーボベルデ諸島（北アフリカ）で小さな漁業を支えている。本講演では、最大でかつ最も発展したポリシベス漁業であるガリシア州のガバナンスと管理システムに焦点を当てるが、世界中の他の状況や現実も紹介し、発見と学びを得る。