

北里大学大学院海洋生命科学研究科  
海洋生命科学専攻 博士論文

研究論文要旨

深海底ゴミを利用した深海性クラゲ類の生活史の解明

指導教員 朝日田 卓 教授

平成 23 年度 水産学研究科水圏生物科学専攻博士課程 入学

平成 27 年 3 月 水産学研究科水圏生物科学専攻博士課程 満期退学

柴田 晴佳

平成 27 年 8 月

これまで行われてきた中・深層性生物の研究は、プランクトンネットで採集される魚類や甲殻類等が中心であり、身体が脆弱なクラゲ類は種同定や定量さえ困難であるため、研究が進んでこなかった。近年、有人潜水船や無人探査機による深海調査が行われるようになり、中・深層にクシクラゲ類やクラゲ類が多く生息していることが明らかになった。しかし、現在の潜水船での深海性クラゲ類の研究では、映像や固定サンプル、冷凍サンプルを用いた生態報告や系統分類、群集構造に関するものが主であり、生体サンプルを得ることがほとんど不可能であるため飼育実験や観察はほとんど行われていない。そのため、深海生態系においてクラゲ類は重要な位置にいたことが示唆されているが、その位置づけはもとより、基礎的な分類や生活史に関する知見も非常に少ない。

刺胞動物門のクラゲ類には、一般に有性生殖を行い浮遊生活を送るクラゲ世代と、無性生殖を行い付着生活を送るポリプ世代がある。生活史の中にポリプを持つ深海性クラゲ類の研究では、ポリプの確保が生活史を知る上で重要である。また、ポリプを飼育することができれば、そのポリプからクラゲを得ることも可能である。実際に植木鉢を深海底に設置・回収することで、深海性ヒドロクラゲ類のポリプを確保した例があるが（三宅・Lindsay 2003）、クラゲ類のポリプは、岩や石などの自然物だけでなく、ビニールにも付着していることが確認されている（Miyake *et al.* 2002）。そのため、ポリプが付着した深海底ゴミを採集し、ポリプを飼育することができれば、深海性クラゲ類の分類や生態、生活史などに関する知見の蓄積、さらには未記載種の発見などに貢献できると考えられる。

そこで、本研究では、深海底ゴミから採集されたポリプを用いてクラゲ類の生活史等を解明することを目的とした。

## 1. 深海性クラゲ類のポリプの探索

2008年4月～2014年5月まで岩手県水産技術センターの漁業指導調査船「岩手丸」による着底トロール調査 272 地点により得られた深海底ゴミを分析し、付着生物を採集した。ゴミは、樹脂、金属、ガラス、繊維、ゴム、木材、その他に分類し、計数、計量した。

採集された 1km<sup>2</sup> あたりの深海底ゴミの個数と重量は、2011 年の東日本大震災後に急激に増加した。採集した全てのゴミの 50.8% に付着生物が認められた。深海底ゴミには、クラゲ類のポリプが最も多く付着しており、次いで、コケムシ類、イソギンチャク類の付着率が高かった。また、クラゲ類のポリプ、イソギンチャク類、多毛類、コケムシ類、卵は材質に関係なく付着していた。

次に、クラゲ類のポリプに着目し、ゴミへの付着率を材質ごとに比較したところ、ガラス、ゴム、金属、樹脂の順に付着率が高かった。このことから、野外におけるクラゲ類のポリプは、木材などの天然物よりも表面が滑らかな人工物に付着しやすいことが示唆された。

## 2. クラゲ類の生活史の解明

2010年4月～2014年5月に岩手県水産技術センターの漁業指導調査船「岩手丸」による着底トロール調査で採集された深海底ゴミと、2012年3月に海洋研究開発機構保有のROV「かいこう」で採集された深海底ゴミに付着していたクラゲ類のポリプを飼育実験に用いた。ポリプは、4℃で飼育し、飼育中にクラゲが得られた場合、クラゲを別の容器で飼育した。これらのポリプとクラゲについては、形態観察とDNA分析から種同定を行った。

深海底ゴミから得られたポリプのうち、鉢クラゲ類で9コロニー、ヒドロクラゲ類で8コロニーの長期飼育に成功し、計7種のクラゲ類の観察や分析を行った。これにより生活史や生態を解明できたのは、水深250～500mで採集した深海底ゴミに付着していたキタユウレイクラゲとキタミズクラゲ、イオリクラゲ、エダクラゲ属の1種、サルシアウミヒドラ属の1種、水深1127mで採集したビール缶に付着していた *Earleria purpurea* の計6種である。またDNA分析の結果は、形態観察による種同定の結果を支持した。

キタユウレイクラゲとキタミズクラゲ、イオリクラゲ、*E. purpurea* のポリプは、野外における初記載となった。また、イオリクラゲのポリプは、本研究で初めて明らかになり、ポリプからクラゲまでを記録することができた。これにより本種は、環境が悪化するとポリプのないヒドロ根のみの状態になり、コロニー全体がシストのように休眠状態になり、数年間生存できること、脱休眠する際にヒドロ根上にクラゲ芽を形成すること、稚クラゲを遊離し始めたころに、ヒドロ根上にポリプが形成されることが明らかとなった。このことは先に移動能力のあるクラゲを遊離することで分散を行い、残ったエネルギーでポリプを形成してコロニーを維持し続けるという特異な適応戦略を持っていることを示唆している。

本研究により深海底ゴミから得たポリプの長期飼育は、クラゲ類の分類や生活史研究に有用であり、特にこれまで数多くの制限があった深海性クラゲ類の研究に新たなブレークスルーをもたらしたものと考えられる。

## 3. クラゲ類の付着に関する検証実験

本研究で得られた深海底ゴミには、沿岸に生息する種と深海に生息する種のポリプが付着していた。これらのポリプが付着した場所を特定するため、下記の3つの実験を行った。

### 1) プラヌラの付着実験

ポリプは、飲料缶やペットボトルの内側に付着していた。そこで、海底にゴミが沈んだ状態を水槽内で再現し、プラヌラを水槽に入れ、プラヌラはゴミのどこに付着しやすいのかを検証した。その結果、ポリプはゴミの内側よりも外側に付着しやすいことが明らかとなった。また、野外でのプラヌラの密度は実験で用いた密度の1/200以下であるため、プラヌラがゴミの内側に入ることは困難であると考えられる。

### 2) 漂流ゴミの組成と漂流時間の観察

沿岸に生息するクラゲ類が深海底ゴミに付着していたことから、海面を漂流中のゴミにプラヌラが付着し、ゴミと共に海底に沈下したことが考えられる。そのため、どのような漂流ゴミがどれくらいの期間漂流しているのかを明らかにするため、2011年6月と2011年8月に、三陸

沖で東日本大震災によって流出したゴミを観察した。その結果、漂流ゴミの組成は6月も8月もほぼ同じであり、プラスチック製品と建築資材が多く観察された。しかし、1kmあたりの漂流ゴミの数は、2カ月で約半分に減少した。

### 3) 深海底における付着基質の設置

海底ゴミは、漂流している際に沿岸に生息する生物の影響を受ける。この影響を除外するために、付着基質を直接深海底に設置し、海底付近に生息するクラゲ類の付着について調査した。その結果、エダクラゲ科の1種と深海性クラゲの *E. purpurea* のポリプが付着していた。

以上の結果から、深海底ゴミから得られた沿岸性クラゲ類のポリプは、漂流ゴミに付着した後海底に沈下したものである可能性が示唆された。

## 4. 総合考察

キタミズクラゲとキタユレイクラゲのストロビレーションは、飼育温度を低下させることで促進されることが知られている (Straehler-Pohl & Jarms 2010, 三宅ら 2011)。しかし、本研究において、水温 4℃に維持しているときにストロビレーションがみられたことから、本種は温度低下の刺激だけでなく、常時低水温下においてストロビレーションを行うことが示された。このことから、本種は、深海底において1年を通して再生産できる可能性が示唆された。

深海底ゴミから得られた沿岸性クラゲのポリプは、ゴミが漂流中に付着して深海底に運ばれたものと考えられる。また、沿岸と深海の両方に生息する種では、ポリプの付着率が低いことや、ポリプが缶やペットボトルの内側に付着していたことなどから、これも漂流中の付着であることが示唆された。これらのことから、海洋ゴミがクラゲ類の鉛直的な分散を促進させているものと考えられる。また、深海に生息するクラゲ類 *E. purpurea* のポリプが深海底ゴミに付着していたが、ゴミを採集した海底は砂泥であり、ポリプの付着基質が少ない。このことから、深海性クラゲ類は海底に点在するゴミを利用して、飛び石状に生息域を拡大する可能性があることが示唆された。

2011年3月11日の津波によって、大量の家屋、車、船などが海洋へと流された。海底に沈んだものも多く、海底ゴミの分布密度は震災後に急激に増加した。これらのゴミは難分解性のため、海洋で蓄積し続ける。漂流ゴミを利用した生物の分散は、自然分散よりも2倍以上早く (Barnes 2002)、外来種の侵入の問題もある (Calder *et al.* 2014)。前述のように、漂流ゴミは水平的な生物の分散を、海底ゴミは鉛直的な生物分散を促進するものと考えられる。世界的な海洋ゴミの増加や東日本大震災の様な災害によるゴミの大量流出によって、これまで以上のクラゲ類の大量発生や分布域の拡大が懸念される。

以上のように、深海底ゴミから得られたポリプを飼育するという新たな研究手法は、生体を用いた研究を可能としたことにより、これまでボトルネックとなっていた深海性クラゲ類の研究に新たな突破口を与え、分類などの基礎的な情報のみならず中・深層におけるクラゲ類の生態的役割の一部を解明できるものと考えられる。

## 論文目録

柴田晴佳

### 1. 主論文

Shibata H, Miyake H, Goto T, Adachi A, Toshino S (2015) Wild polyps of blooming jellyfish *Aurelia limbata* (Brandt, 1838) (Cnidaria: Scyphozoa) found on deep-sea debris off Sanriku, Japan. *Plankton & Benthos Research* 10: 133-140.

### 2. 副論文

Miyake H, Shibata H, Furushima Y (2011) Deep-sea litter study using deep-sea observation tools. In: *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry–Marine Environmental Modeling and Analysis* (eds Omori K, Guo X, Yoshie N, Fujii N, Handoh C, Isobe A, Tanabe S). Terrapub, Tokyo, pp. 261–269.

Goto T, Shibata H (2015) Changes in abundance and composition of anthropogenic marine debris on the continental slope off the Pacific coast of northern Japan, after the March 2011 Tohoku earthquake. *Marine Pollution Bulletin* 95: 234-241.

Toshino S, Miyake H, Shibata H (2015) *Meteorona kishinouyei*, a new family, genus and species (Cnidaria, Cubozoa, Chirodropida) from Japanese Waters. *Zookeys* 503: 1-21.