

TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo University of Marine Science and Technology (東京海洋大学)

魚類骨格透明標本は海洋環境教育 海の中の「食う・食われる」を覗いてみよう に有効である

著者	河野 博, 谷田部 明子, 加瀬 喜弘, 齊藤 有希
雑誌名	東京海洋大学研究報告
巻	12
ページ	4-11
発行年	2016-02-29
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001246/

[論文]

魚類骨格透明標本は海洋環境教育 —海の中の「食う・食われる」を覗いてみよう— に有効である

河野 博^{*1,2}・谷田部明子^{*2}・加瀬喜弘^{*2}・齊藤有希^{*2}

(Accepted October 28, 2015)

Fish Transparent Specimens Are Effective in Marine Environmental Education: Observing Prey-predator Relationships in Coastal Waters

Hiroshi KOHNO^{*1,2}, Akiko YATABE^{*2}, Yoshihiro KASE^{*2} and Yuki SAITO^{*2}

Abstract: The transparent specimens originally developed for the observation of skeletal system were applied to the marine environmental education to learn the food chain in coastal waters, and its effectiveness was investigated by the pre- and post-intervention questionnaire. The research examined 41 participants in the three learning interventions, the age ranging from 14 to 73 with a mean of 30.6 years old and the sex ratio being 18 females and 23 males. The program was composed of the ice break, plankton observation, intestinal-contents observation by using transparent specimens, and summary lecture. After the intervention, participants were significantly more concerned about plankton and the relationships between our life and coastal waters. Free descriptions appeared that the participants admired the variety of plankton, picturesque transparent specimens, and direct observation of “prey-predator” relationships. The transparent specimens were thus concluded to be helpful for learning the “prey-predator” relationships in coastal waters.

Key words: transparent specimen, food chain, environmental education, marine education, ESD

第一章 研究の背景と目的

1. 東京海洋大学江戸前 ESD 協議会

東京海洋大学海洋科学部では、平成 18 年（2006 年）10 月に環境省の「平成 18 年度 国連 持続可能な開発のための教育（ESD）の 10 年促進事業」に「江戸前の海 学びの環 づくり—持続可能な沿岸海洋のための教育—」を応募し、採択された¹⁾。それにともなって、教職員の有志によって「東京海洋大学江戸前 ESD 協議会」（以下、江戸前 ESD 協議会とする）が結成され、活動を開始した。それに先立って、平成 5 年（1993 年）に施行された環境基本法²⁾では「環境の保全に関する教育、学習等」の必要性が謳われ、さらに平成 11 年には中央環境審議会が「これからの環境教育・環境学習—持続可能な社会をめざして—」³⁾という答申を発表した。

一方、海洋教育に関しては平成 19 年（2007 年）に施行

された海洋基本法で「学校教育及び社会教育における海洋に関する教育の推進」(第二十八条)が謳われている⁴⁾。さらに平成 25 年に閣議決定された海洋基本計画では、「本計画における施策の方向性」の「(7) 海洋教育の充実及び海洋に関する理解の増進」で「海洋に関する教育を支援する観点から、関係機関、大学、民間企業等が行うアウトリーチ活動等の有機的な連携を図る」あるいは「人材の育成については、海洋産業及び海洋教育の担い手を育成するとともに、中長期的な観点で将来の担い手の裾野を広げるための方策を検討する」ことや「地域における産学官連携のネットワークづくりを通じて、地域の特色をいかした人材の育成を推進する」ことなどが示されている⁵⁾。

こうした近年の海洋や環境をめぐる情勢は、大学に対して、地域や社会と連携して海洋の持続的な利用に関するさまざまな側面を学び合い、さらに住民が社会的意思決定過程に参加することのできるような場を形成することを求めている。そこで江戸前 ESD 協議会では、環境省の事業が終わった後も、JST（科学技術振興機構）平成 20 年度地域科

*1 Department of Ocean Sciences, Division of Marine Science, Graduate School, Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7 Konan, Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan (東京海洋大学大学院海洋科学系海洋環境学部門)

*2 Laboratory of Ichthyology, Tokyo University of Marine Science and Technology, 4-5-7 Konan, Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan (東京海洋大学魚類学研究室)

学技術理解増進活動推進事業の「地域活動支援」や公益財団法人日本生命財団平成20・21年度環境問題研究助成の学際的総合研究助成「地域住民の協働による東京湾沿岸域管理モデルの構築」などの助成を得て活動を続けている⁶⁾。

江戸前ESD協議会の活動は、その方法こそ「ガラガラポン」型を中心にして「三つ巴」型から「串団子」型へと変化した⁷⁾が、「学びの環」の形成、すなわち江戸前の海を持続的に利用するために沿岸住民の方々とともに学びの場を形成すること、および学生あるいは地域の方を対象とした江戸前ESDリーダーを育成すること、については最初に掲げた二つの目標として今も継続している。平成24年度からは、科研費を利用して、とくに魚類を中心とした東京湾の生態学的研究、および地域住民の方々と東京湾を持続的に利用するためのアウトリーチ活動をおこなっている⁸⁾。後者に関しては、小学生低学年を対象にした「ちりめんモンスターを探せ」や高学年から中学生を対象にした「プランクトンの観察」、中学生から一般の方を対象にした「食物連鎖」などの体験学習や一般の方を対象にした「江戸前の海の話」といった講演会、さらには一般の方を対象にした参加型ワークショップである「みたと塾」などを実施している。これらの活動は、東京都港区の教育委員会や芝浦港南地区総合支所、港区立図書館、大田区立海苔のふるさと館、大田区の小学校、江戸川区の小中学校、NPO法人葛西臨海たんけん隊、あるいは東京海洋大学海洋科学部と共同しておこなっている。

2. 透明骨格二重染色標本とその活用、および本研究の目的

江戸前ESD協議会が現在おこなっているいろいろな活動の中でも、ここでは、とくに魚類の透明骨格二重染色標本（以下、透明標本という）を利用した活動について報告する。

魚類の体を透明にして骨格を染色することで骨格系を観察するという研究方法は、すでに1900年代初頭にはおこなわれていた⁹⁾。当初は硬骨だけをアリザリンレッドSで赤く染色していたが、軟骨をトルイジンブルーで染色する方法もすでに1941年に開発されている¹⁰⁾。最近の染色法はDingerkus and Uhler (1977)¹¹⁾によって確立され、Potthoff (1984)¹²⁾によって改良されたものが主に用いられている。

軟骨と硬骨の二重染色透明標本の魚類学への貢献は、成魚の骨格系の研究だけではなく、仔稚魚の骨格系の発育過程の研究によって系統学における相同性¹³⁾や機能形態学における遊泳や摂餌機能の発育^{14,15)}などが明らかにされている。その一方で最近では、美しい透明標本を写真集として出版したり瓶に入れて市販されたりして注目を集めたり、生徒の関心を引き出すきっかけとして透明標本を教材として利用しようという動きもおきている¹⁶⁾。とくに堀江¹⁷⁾は、採集したシマヘビとたまたまその個体が飲み込

んでいたネズミ類を透明標本にすることで「食べる→食べられる」という生命の連鎖を想起させる」ことから食物連鎖を「視覚的に実感を伴って理解することができる」としている。しかし、堀江の目的は「動物の体にふれ」、「骨の仕組みに迫る」ための教材としての透明標本である。胃の内容物であるネズミはあくまでも解剖によって取り出したもので、「食物連鎖」を学習するための教材として透明標本を直接活用したわけではない。

江戸前ESD協議会では、透明標本を、直接「食う・食われる」といった食物連鎖を観察するためのツールとして使っている。具体的には、まず動物植物プランクトンを観察し、次いで透明標本にしたマハゼの消化管内容物、とくに動物プランクトンなどを観察あるいは解剖して取り出すことで、海の中の「食物連鎖」を直接的に体験することのできるようなプログラムを実施している。これまでに、このようなプログラムを次のようなイベントで実施してきた：2009年10月の葛西臨海公園で実施した親子向けのプログラム；2010年8月の「江戸前インタープリター塾」；2011年12月の「江戸前みたと塾『江戸前の海を知らう』」；2013年・14年・15年7月の「港区教員研修大学講座」；2014・15年6月と8月の「インタープリター塾」。

透明標本を、本来の骨格の観察という目的ではなく、消化管の内容物を観察するために活用しようという試みは一歩進んだ方法であると考え、その活動は江戸前ESD協議会⁶⁾や東京海洋大学魚類学研究室⁸⁾のホームページで積極的に紹介してきた。しかし、こうした透明標本の活用が本当にプログラム参加者にとって有効な教材となっているのかどうか、といった評価は未だにおこなっていないのが現状である。

そこで本研究では、海の中の「食う・食われる」の関係について、実際にプランクトンを観察することと透明標本を用いることによって、とくに透明標本を利用することによってどのような効果があり、またどのような問題があるのかを明らかにするために、事前・事後のアンケート調査をおこなったので、その結果を報告する。

第二章 方法

1. 対象としたイベント

本研究で対象としたのは、次の3つのイベントである。なお、下のイベントのうち、1)は高輪図書館で実施したが、2)と3)については東京海洋大学海洋科学部品川キャンパス2号館4階の海洋生物学学生実験室で実施した。

1) 大人の海洋講座2015@港区立高輪図書館（以下、高輪と略す）

タイトルは「海の中を覗いてみよう 透明標本を使った『食う・食われる』の関係」で、中学生以上の12名を募集

したが、参加者は6名であった。実施日は2015年7月12日。

2) 平成27年度港区教員研修大学講座（以下、教員）

タイトルは「海の生き物の『食う—食われる』を調べよう」を体験しよう」で、港区の幼稚園、小学校、中学校の教諭が15名参加した。実施日は2015年7月28日。

3) 平成27年度第1回東京海洋大学オープンキャンパス（以下、OC）

タイトルは「海の生き物の『食う—食われる』を調べよう」で、東京海洋大学海洋科学部のオープンキャンパスに来校した学生25名が参加した。実施日は2015年8月1日。

2. アンケート用紙

上の3つのイベントで、事前と事後のアンケート調査をおこなった。アンケート用紙は1枚（裏表印刷）で、附图に示す。

まず、基本的情報として高輪では年齢と性別だけを、また教員とOCではそれに加えて各々幼稚園か小学校、中学校の別と中学あるいは高校何年生かを答えてもらい、さらに研究のためのアンケートの使用に同意するか否かの意思表示をしてもらった。

事前と事後での同じ質問は、質問番号1から6（事前）と11から16（事後）で、次のような質問である。

質問1から3までは、各々「海、魚、プランクトンが好きですか」という質問であるが、プランクトンに関しては「好き」か、あるいは「知っている」か、という問いにした。回答方法は、1の「好き」から5の「きらい」までの5階級を設けた。

質問4と5では、あなたは「プランクトンと魚の関係を」あるいは「海と私たちの生活との関係を」知っていますか、という問いに対して、1の「知っている」から4の「知らない」までの4階級とした。とくに質問5で「知っている」あるいは「少し知っている」と答えた人には、質問6で知っていることを自由に記述してもらった。

質問の7以降は、プログラム終了後に回答してもらった。

質問の7と9は、実施したプログラムで楽しかったものと楽しくなかったものを選択してもらった。選択肢は、1プランクトン、2透明標本、3環境の授業、4なしで、複数回答も可とした。また、質問8と10では、質問7と9の理由を自由に記述してもらった。

最後に質問17で、プログラム全体をとおしての質問や疑問、要望等について自由に記述してもらった。

なお、アンケートでは「好き」とか「知っている」という回答に低いポイント（1ポイント：以下、1PTとする）を与えているが、集計をする際には逆に、高いPTほど「好き」とか「知っている」として計算した。また、事前と事

後のPTの差はt検定で平均値の有意差を危険率5%レベルで判定した。

3. プログラムの内容

プログラムの内容は3つのイベントでほぼ同じで、次のように進化した：事前のアンケート、アイスブレイク、実習その1としてプランクトンの観察、実習その2として透明標本の観察と解剖、アイスブレイクに連動した解説、事後のアンケート。時間的には、高輪が最も長く午後2時から4時過ぎまでの2時間強、次いで教員の午前10時から12時前までの2時間弱であった。しかしOCでは、当日の募集であったため、イベント自体は午前11時から12時30分までの1時間30分しかなかった。

アンケートについてはすでに紹介したので、ここではそれ以外の項目について説明する。なお、各項目に費やした時間は、イベントごとに所要時間が若干異なるため、一定ではない。

1) アイスブレイクと最後の解説

アイスブレイク（講師紹介とアンケートの記入をふくめて約15分）では、「ケーキをバケツの中に入れて放置しておくとうなるのか」という問いかけをおこない、「バクテリア」による「有機物」の「分解」と水中の「酸素の消費」、その結果生じる「無機物」あるいは「栄養塩」といった言葉の穴埋め問題に挑戦してもらった。

次いでパワーポイントを使って陸上と水圏の生態系の基本的な仕組みを解説し、植物プランクトン、動物プランクトン、魚といった構成要素を抜き出した。そして、これらが実習の主な対象であるが、同時にそれは生態系の中の一部であることを説明した。

実習後には、アイスブレイクの内容を受けて、食物連鎖について解説（アンケートの記入をふくめて15分）をおこなった。とくに、栄養塩と植物プランクトンとの関係や栄養塩と私たちの生活との関係をアイスブレイクで展開した水圏生態系の中に位置づけて、確認した。なお、赤潮や青潮の原理、および有機物や栄養塩を測るためのパケットの紹介などもおこなった。

2) プランクトンの観察

実習1としてプランクトンの観察をおこなった（30分から35分）。各イベントとも、その日の朝に東京海洋大学品川キャンパスの繋船場で、小型プランクトンネット（NXX17 離合社製：網目幅0.072 mm）でプランクトンを採集した。顕微鏡の使い方を説明した後、各自が観察したが、植物プランクトンと動物プランクトンを少なくとも2種ずつスケッチすることをノルマとした。スケッチ用紙として、葛西臨海たんけん隊用に2013年6月に作成した『指令書』を準備した。

その日の天候や前日までの雨量などによって、イベントごとにプランクトンの構成種はかなり異なっていた。しかし2種ずつのプランクトンをスケッチするのは、種類数的にも量的にも、どのイベントでも十分に可能であった。

3) 透明標本の解剖と消化管内容物の観察

実習2は透明標本の観察である(25分から30分)。透明標本は、マハゼの稚魚を大小の2タイプ(体長25mmと15mm程度)とコノシロの稚魚(体長20mm程度)を準備した(Fig. 1)。マハゼの2タイプは、浮遊している状態と着底している状態で食性が変化することを学習するためである。また、コノシロの稚魚を準備したのは、小型のマハゼでは消化管が空の状態が時々見られるのに対して、コノシロでは動物プランクトンであるカイアシ類が消化管いっぱい詰まっているからである。

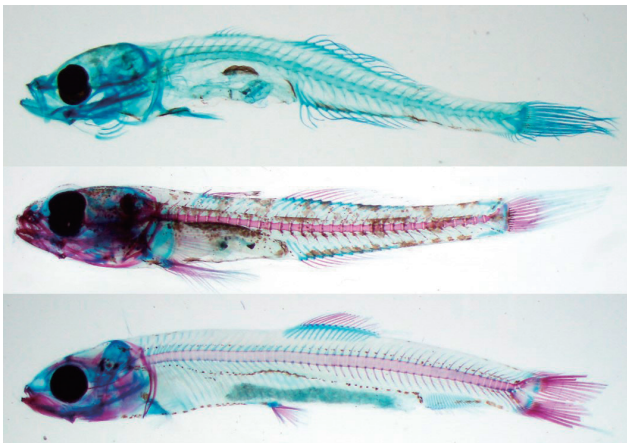


Fig. 1. 本研究で使用した透明標本(上から小型マハゼ、大型マハゼ、コノシロ)。

実習では、まず、柄付き針2本を使っての解剖の仕方を説明した。その後、小型のマハゼ、次いで大型のマハゼを観察・解剖し、消化管から出てきたものを指令書にスケッチした。消化管が空の場合には観察個体を交換し、極力参加者すべてが自分で消化管内容物を取り出す作業をおこなった。その結果、すべての参加者が小型・大型のマハゼ透明標本の消化管内容物を観察し、かつ解剖して内容物を取り出しスケッチをおこなった。OCでは時間の都合上コノシロの観察はおこなわなかったが、高輪では時間があつたのですべての参加者がコノシロも観察した。教員では、マハゼの標本の状態や観察の進み具合によって、コノシロを観察した参加者と観察しなかった観察者がいたが、人数は把握していない。

第三章 結果と考察

1. 基本情報

今回分析に供した3つのイベントすべての参加者は46名であった。しかし後述するように、OCの参加者25名の

うち5名はアンケートのデータを使用することに同意しなかったため、本研究では有効参加者を41名とした。平均年齢は30.6歳で最も若い参加者は14歳、最高齢者は73歳であった。男女比は男性23名に対して女性18名であった。

プログラム別の参加人数と平均年齢、男女比、および所属学校と学年については、以下のとおりである。

1) 高輪

参加人数6名の平均年齢は56.3歳(41~73歳)で、3つのイベントのうちで最も高齢であった。こうしたイベントで一般募集をすると65歳以上の方が大勢を占めるが、今回は2名だけであった。男女比は男性が4名に対して女性が2名である。

2) 教員

参加人数15名の平均年齢は39.9歳(25~61歳)であった。男性が4名に対して、女性が11名と多かった。所属している学校は小学校が最も多く9名で、次いで幼稚園の5名、中学校の1名であった。

3) OC

参加人数25名のうち、5名はアンケートを研究に使うことに同意するかどうかにかかわらず○をつけていなかったため、ここでは20名を対象にした。20名の平均年齢は15.9歳で最も若かった。男女比は10対10。高校2年生が最も多く8名で、次いで高1の6名、高3の4名、中学生も2名参加していた。

2. すべての参加者の傾向

すべての参加者を対象として、事前(質問1から5)と事後(質問11から15)の平均値を比較すると、事後にPTが下がった項目はなかった(Fig. 2)。しかし個人では、以下に示すように、4名が1つの質問に対して事前よりも事後の方に低いPTをつけていた。

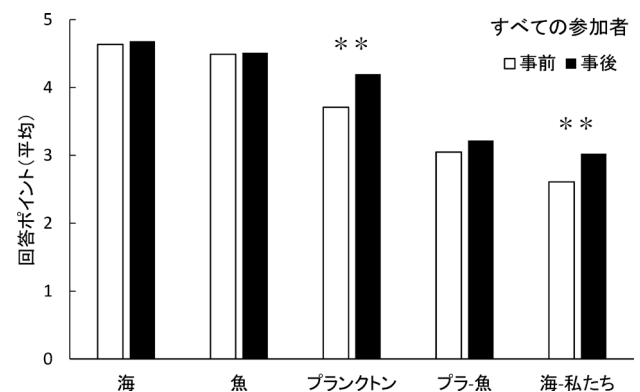


Fig. 2. すべての参加者の質問1から5(事前)と11から15(事後)の回答の平均値。回答ポイントと質問については本文を参照のこと。**は事前と事後で危険率1%で有意差のあることを示す。

まず教員の1名は、質問2「魚が好きですか」(以下、魚)で4PT(まあまあ好き)から3PT(ふつう)をつけていた。しかし質問9「楽しくなかったのはどのプログラムですか」では、4「なし」としている(この質問に関しては、参加者すべてが4「なし」に○をつけていた)。また、質問17の自由記述では「楽しかった」とか「食べる・食べられるがよくわかった」といった意見を述べている。

高輪の1名は質問3「プランクトンが好きですか(知っていますか)」(以下、プランクトン)で5PT「好き」から4PT「まあまあ好き」としている。しかし質問17の自由記述では「貴重な体験でした」とか「2時間は長いかと思っただが、もっと時間が足りないくらい」、「講義だけではなく、実際にプランクトンを見たり、解剖したり、バランスがよかったです」と述べている。

OCの1名は質問1の「海が好きですか」について5PTから4PTに、またもう1名が質問3の「プランクトン」が5PTから4PTになっていた。しかし後者は、質問17の自由記述で「食物連鎖や生活排水との関連が分かった」、「解剖が楽しかった」と述べている。

事前よりも事後の方でより低いPTをつけた4名については、自由記述の内容から考えて、プログラムの内容によって事前よりも事後の方が理解が浅くなったり好みが変わったりした、ということはないと推察される。むしろ、プログラムには好意的な記述が多かった。

すべての参加者のすべての項目の事後のPTは平均で0.23PT上昇していた。事前と事後で最もPTが上昇したのは質問3の「プランクトン」で3.71PTが4.20PTに上昇した(Fig. 2)。次いで質問5の「海と私たちの生活との関係を知っていますか」(以下、海と私たち)で2.61PTから3.03PTに上昇した(ただし、質問5の最高点は4PTである)。これら2項目では、事前と事後とで危険率1%レベルで有意な差が認められた。

3. イベント・質問別の結果と考察

各イベントでのすべての項目の事前から事後への平均PTの上昇は、教員で最も高く0.35PTで、次いで高輪の0.17PT、OCの0.16PTであった。ここでは、各質問の回答の結果とその理由を考える。

1) 教員はプランクトンに感動

事前と事後で最もPTに差があったのは教員の質問3「プランクトン」で、3.27PTから4.13PTに0.87PT上昇した(Fig. 3: 危険率1%レベルで有意)。この結果は、質問7「楽しかったプログラムはどれですか(複数回答可)」(以下、楽しかったプログラム)に対して参加者の15名全員が「プランクトン」に○をつけていることから、透明標本にも11名が○をつけていた。また自由記述の質問8「楽しかったのはどうしてですか?」では全員が

「プランクトンをじっくり(あるいは初めて、大量に、詳しく、など)観察することができた」と答えていることから、教員の参加者にとって、プランクトンの観察がかなり衝撃的であったことがわかる。

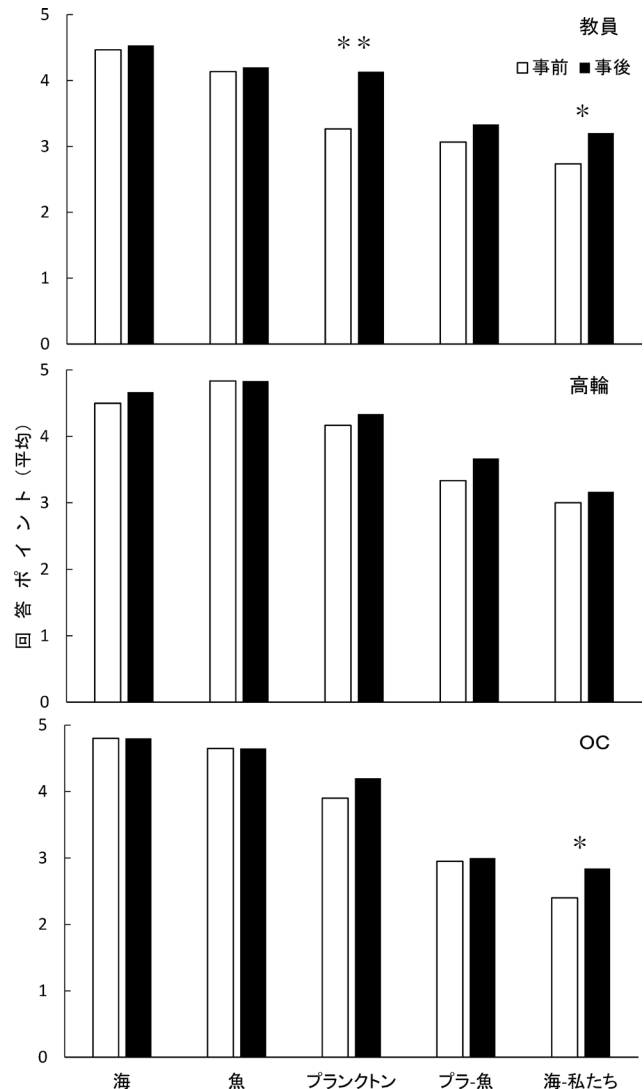


Fig. 3. イベント別の事前と事後の回答の平均値. **と*は事前と事後で各々危険率1%と5%で有意差のあることを示す。

プランクトンの観察会はかなり古くからいろいろな場所でおこなわれている。江戸前ESD協議会でも、発足当時から石丸 隆東京海洋大学名誉教授を中心にして、プランクトンの観察会を実施している⁶⁾。また、プランクトンの観察会用に書籍も出版されていることから、プランクトンの観察会が活発であることがうかがえる^{18,19)}。

2) 透明標本は高輪で興味を、OCで驚きをもたらした
高輪とOCでは、質問3「プランクトン」の事後の上昇PTは0.17PTおよび0.30PTと、教員に比べて低かった(Fig. 3)。それに関連して質問7の「楽しかったプログラム」では、高輪もOCも「透明標本」が最も多かった。

高輪では参加者全員の6名が「透明標本」に○をつけていた（「プランクトン」は5名が○）。自由記述の質問8「楽しかったのはどうしてですか？」の結果をみると、5名中4名が「透明標本の解剖ははじめて」とか「透明標本の意義（味）が少し理解できました」、「透明標本は美しい」といったように、透明標本に興味を示していた。

OCでは20名中17名が「透明標本」に○をつけていた（「プランクトン」は11名が○）。同様に質問8では、20名中18名が「自分で透明標本の腹をいじくるとは・・・」とか「自分でお腹から出して見ることができた」、「胃の中を実際に生で見ることができておもしろかった」と、透明標本による消化管の内容物の観察あるいは解剖にかなり驚きを示していた。

3) 透明標本で「食べる・食べられる」を知る

こうした透明標本に関する結果は、有意差は認められなかったが、高輪と教員で質問4（事前）と14（事後）の「プランクトンと魚の関係を知っていますか（以下、プランクトンと魚）」でそれぞれ3.33 PTから3.67 PT（0.33 PT）と3.07 PTから3.33 PT（0.27 PT）に上昇したことに一致する（Fig. 3：質問4の最高点は4 PT）。「プランクトンと魚」に関する問いについては、自由記述の欄を設けていなかった。そのため、PTが事前と事後で上昇した明確な理由は把握できないが、透明標本に関心が高かったのは確かであろう。ただし、質問8の自由記述の中には「形の多様なものが実際に水中で動いているのを目撃でき・・・それが魚の胃腸の中から検出されたから」や「様々なプランクトンを観察した後で、消化管内の内容物を調べたため、比較して推測することができました」といった透明標本の効果の直接的な感想もあった。

しかしその一方で、OCの質問4「プランクトンと魚」の事前と事後の差（0.05 PT）はあまりにも低すぎる（Fig. 3）。この理由は、自由記述の質問8「楽しかったのはどうしてですか？」の回答によって理解できる。先の3つの回答例の他にも「魚の構造を詳しく見ることができた」とか「すごくキレイだった」といった透明標本そのもの、あるいは透明標本を身近に観察したり解剖したりすることができることにワクワクしていたことがうかがえる。つまりOC参加者の中高生は、透明標本とそれを通した動物プランクトンとの「食べる・食べられる関係」というよりも、透明標本そのものに関心があったと考えられる。

4) 講義の重要性

一方、質問5と15「海と私たちの生活との関係を知っていますか（以下、海と私たちの生活）」では、教員〔2.73 PTから3.20 PTに（差は0.47 PT）〕とOC〔2.40 PTから2.84 PTに（0.44 PT）〕では事前と事後のPTに5%で有意な差が認められた（Fig. 3：質問5の最高点は4 PT）。この上昇は、プランクトンと透明標本の実習だけではなく、最

初と最後におこなったパワーポイントによる解説の成果が大きいと考えられる。最初のアイスブレイクと最後の解説では、食物連鎖や生態系について、少なくとも10分ずつは講義をおこなったため、参加者の理解をより深めたものと考えられる。

解説が重要であることは、例えば「わかりやすいパワーポイントで解説をして、とても良く理解できた」とか「講義も楽しく、大変勉強になりました」、「貴重な学びの場をありがとうございました」といった質問8や17の自由記述からもうかがえた。ただ、反省点としては「出来ればPPT（パワーポイント）をハンドアウトで頂ければさらに良かったです」という意見もあった。

第四章 総合考察

本研究でおこなった、魚類の透明骨格二重染色標本を海の中（沿岸域）の「食べる・食べられる」の関係（食物連鎖）を知るための教材として利用することは、有効であると判断される。アンケート調査では、直接的な問いかけはしていないものの、自由記述にもとづく期待どおりの効果があったと考えられる。この方法は、プランクトンの観察も同時におこなうことで、堀江¹⁷⁾が指摘した「食べる→食べられるという生命の連鎖を想起させる」こと以上に、「食べる・食べられる」を直接的に観察できるという意味で画期的である。

その一方で、自由記述の中には「魚の骨格がきれいだった」とか「さまざまな形の魚を骨格という面からきれいに見れてよかった」、「魚の体をよく見れた」、「さばいていないそのままの状態で魚の内部構造が見れて興味深かった」といった意見も多かった。これは、透明標本が骨格の観察のためであるという本来の目的に合致したものである。江戸前ESD協議会でも、本研究とは別に、インタープリター塾や東京海洋大学の学園祭（海鷹祭）、あるいは高校の出前授業やとくに高大連携を締結している奈良学園高校の特別実習などで透明標本を利用した『魚類骨格から考える脊椎動物の進化』といった体験学習を実施している。

今回のアンケートで意外に多かったのは、顕微鏡についての感想である。自由記述でも「顕微鏡にはまってしまいました」とか「顕微鏡を使って初めて解剖した」、「実際に顕微鏡を使って観察できた」、「こんなに拡大して見たことがなかった」という意見があった。極端な言い方をすれば、江戸前ESD協議会の目指す環境教育は「白衣と顕微鏡」である²⁰⁾。これは、科学的な知見に裏付けられた知識（白衣）を最新の機器（顕微鏡）を大量に投入することで環境教育を推し進めようとするものである。上の意見はその効果があらわれたといえるが、制約がともなうのも事実である。例えば、今回の高輪には大学から顕微鏡を運搬したが、10台以下だったので可能であった。これが20台、30台となると少し大変である。

最後に、募集の仕方について一つの意見をいただいた。それは、高輪の参加者で「知人をさそったところ、解剖は苦手とことわれました。私も大きな魚を解剖するのかわかっていた」というものである。これは、逆に言えば、透明標本を解剖することにはストレスがかからない、ということである。確かに大きな「生の」魚を解剖するとなると、匂いはするし手はベトベトになるし・・・、といったことは毎年の学生実験で経験している。一般の方を募集するときには、きれいな透明標本と、「これを解剖するのです」といった説明が必要かもしれない。

謝辞

本研究のアンケートの作成にご助言をいただいた大島弥生教授（東京海洋大学）、およびそのアンケートに快く答えてくださった参加者の方々に感謝いたします。本研究をおこなうにあたっては多くの方々にご協力をいただきました。ここにお名前を記して感謝の意を表します：川辺みどり教授、神田穰太教授、田中次郎教授、鈴木秀和准教授、石丸 隆名誉教授（東京海洋大学）；港区教育委員会および同区芝浦港南地区総合支所のみなさん；玉城守雄さんおよび図書館流通センターのみなさん；東京海洋大学魚類学研究室の学生のみなさん。本研究はJSPS 科研費 15K00654 の助成を受けて実施しました。

引用文献

- 1) 環境省 報道・広報. 平成 18 年度「国連持続可能な開発のための「教育の 10 年促進事業」の採択について. 環境省ホームページ, <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=7621>, (accessed 2015-08-18).
- 2) 環境省. 環境基本法（平成五年十一月十九日法律第九十一号）. 環境省ホームページ, <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H05/H05HO091.html>, (accessed 2015-08-18).
- 3) 環境省 報道発表資料. 「これからの環境教育・環境学習—持続可能な社会をめざして—」中央環境審議会について. 環境省ホームページ, <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=1842>, (accessed 2015-08-18).
- 4) 内閣官房総合海洋政策本部. 海洋基本法（平成十九年法律第三十三号）. 総合海洋政策本部ホームページ, <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H19/H19HO033.html>, (accessed 2015-08-18).
- 5) 内閣官房総合海洋政策本部. 海洋基本計画（平成 25 年 4 月 26 日閣議決定）. 総合海洋政策本部ホームページ, <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/kihonkeikaku/130426kihonkeikaku.pdf>, (accessed 2015-08-18).
- 6) 東京海洋大学江戸前 ESD 協議会ホームページ, <http://www2.kaiyodai.ac.jp/~hirokun/>, (accessed 2015-08-18)
- 7) 河野 博. “終章 江戸前の海に「学びの環」はつくられたのか”. 江戸前の環境学—海を楽しむ・考える・学びあう 12 章. 川辺みどり・河野 博（編）, 東京大学出版会, 2012, p.215-224.
- 8) 東京海洋大学魚類学研究室ホームページ, <http://www2.kaiyodai.ac.jp/~hirokun/>, (accessed 2015-08-18)
- 9) Dawson, A. B. A note on the staining of the skeleton of cleared

- specimens with alizarin red S. *Stain Technology*, 1926, (4), p. 123-124.
- 10) Williams, Jr., W. T. Alizarin red S and toluidine blue for differentiating adult or embryonic bone and cartilage. *Stain Technology*, 1941, (16), p. 23-25.
- 11) Dingerkus, G. and Uhler, L. D. Enzyme clearing of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage. *Stain Technology*, 1977, 52 (4), p. 229-232.
- 12) Potthoff, T. “Clearing and staining techniques”. *Ontogeny and systematics of fishes*. Moser, H. G., Richards, W. J., Cohen, D. M., Fahay, M. P., Kendall, Jr., A. W. and Richardson, S. L. eds. Spec. Pub. 1, Am. Soc. Ichthyol. Herpetol. 1984, p. 35-37.
- 13) Kohno, H. Osteological development of the caudal skeleton in the carangid, *Seriola lalandi*. *Ichthyol. Res.*, 1997, 44 (2), p.219-221.
- 14) Kohno, H., Taki, Y., Ogasawara, Y., Shirojo, Y., Taketomi, N. and Inoue, M. Development of swimming and feeding functions in larval *Pagrus major*. *Japan. J. Ichthyol.*, 1983, 30 (1), p.47-60.
- 15) Tamura, Y., Moteki, M., Yokoo, T. and Kohno, H. 2013. Occurrence patterns and ontogenetic intervals based on the development of swimming- and feeding-related characters in larval and juvenile Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) in Tokyo Bay. *La mer*, 2013, 51(1-2), p.13-29.
- 16) 表 潤一, 齊藤千映美. 身近な動物個体を用いた透明骨格標本の作製. 宮城教育大学環境教育研究紀要, 2015, 17, p.31-38.
- 17) 堀江紀子. 透明骨格標本の特性を活かした理科教材. 國學院大學人間開発学研究, 2014, (5), p.99-104.
- 18) 日本プランクトン学会（監修）. 見ながら学習 調べてなっとく ずかんプランクトン. 技術評論社, 2011, 135p.
- 19) 岩国市立ミクロ生物館. 日本の海産プランクトン図鑑. 第 2 版. 共立出版, 2013, 268p.
- 20) 河野 博. “石丸たんけん隊から・感想 ひとつこと”. 江戸前の海 学びの環づくり 瓦版, 2009, (9), p.8, <http://www2.kaiyodai.ac.jp/~hirokun/edomae/pdf/edomae%20kawara%209.pdf>, (accessed 2015-08-18)

附図. アンケート用紙 (左は表面、右は裏面で、両面印刷を施した用紙を使用した)

プランクトン・透明骨格標本 ESD アンケートシート (150712)

年齢 _____ 歳 性別 (○をおつけください) 男 女

(このアンケートは今後の改善のため、あるいは研究のために使わせていただく場合があります。もちろん個人が特定されないように配慮いたしますが、アンケートをデータとして使うことに同意いただければ助かります。お手数ですが、するあるいはしないに○をおつけください：アンケート使用に同意)

する しない

1. あなたは、海が好きですか？ (番号に○をつけてください)

1. 好き 2. まあまあ好き 3. ふつう 4. あまり好きじゃない 5. きらい

2. あなたは、魚が好きですか？ (番号に○をつけてください)

1. 好き 2. まあまあ好き 3. ふつう 4. あまり好きじゃない 5. きらい

3. あなたは、プランクトンが好きですか (知っていますか)？ (番号に○をつけてください)

1. 好き 2. まあまあ好き 3. ふつう 4. あまり好きじゃない 5. きらい

4. あなたはプランクトンと魚の関係を知っていますか？

1. 知っている 2. 少し知っている 3. あまり知らない 4. 知らない

5. あなたは海と私たちの生活との関係を知っていますか？

1. 知っている 2. 少し知っている 3. あまり知らない 4. 知らない

6. 5. で1. または2. を選んだ人は知っていることを自由にお書きください。

(まずはここまでお読みします。この下は、すべてのプログラムが終了してからお読みいただきます)

.....

7. 今日、楽しかったプログラムはどれですか？ (いくつでも、番号に○をつけてください)

1. プランクトン 2. 透明標本をみられたこと 3. 環境の授業 (ハワホ) 4. なし

8. 7. で楽しかったのはどうしてですか？自由にお書きください。

9. 今日、楽しくなかったのはどれですか？ (いくつでも、番号に○をつけてください)

1. プランクトン 2. 透明標本をみられたこと 3. 環境の授業 (ハワホ) 4. なし

10. 9. で楽しくなかったのは、どうしてですか？自由にお書きください。

11. あなたは、海が好きですか？ (番号に○をつけてください)

1. 好き 2. まあまあ好き 3. ふつう 4. あまり好きじゃない 5. きらい

12. あなたは、魚が好きですか？ (番号に○をつけてください)

1. 好き 2. まあまあ好き 3. ふつう 4. あまり好きじゃない 5. きらい

13. あなたは、プランクトンが好きですか (知っていますか)？ (番号に○をつけてください)

1. 好き 2. まあまあ好き 3. ふつう 4. あまり好きじゃない 5. きらい

14. あなたはプランクトンと魚の関係を知っていますか？

1. 知っている 2. 少し知っている 3. あまり知らない 4. 知らない

15. あなたは海と私たちの生活との関係を知っていますか？

1. 知っている 2. 少し知っている 3. あまり知らない 4. 知らない

16. 15. で1. または2. を選んだ人は知っていることを自由にお書きください。

17. 今日のプログラム全体をとおして、何か質問や疑問あるいは要望等がありましたら自由にお書きください。

今日はご参加ありがとうございました

**魚類骨格透明標本は海洋環境教育
—海の中の「食う・食われる」を覗いてみよう—
に有効である**

河野 博^{*1,2}・谷田部明子^{*2}・加瀬喜弘^{*2}・齊藤有希^{*2}

(^{*1} 東京海洋大学大学院海洋科学系海洋環境学部門)
^{*2} 東京海洋大学魚類学研究室)

要旨： 透明骨格二重染色標本が、沿岸域の「食う・食われる」の関係を知るためのツールとして有効かどうかを、事前と事後のアンケートによって調査した。対象としたのは3つのイベントに参加した14歳から73歳までの男性23名、女性18名、計41名である。プログラムはアイスブレイクとプランクトンの観察、透明標本の観察、そして最後に講義をおこなった。すべての質問項目で、事前よりも事後の方が「好き」とか「知っている」というポイントが高くなった。さらに自由記述では、プランクトンの多様性や透明標本の美しさ、さらには透明標本の消化管の内容物に観察した動物プランクトンを見つけたことに驚いている様子がうかがえた。したがって透明標本は、「食う・食われる」といった食物連鎖を学ぶ教材として有用であると判断された。

キーワード： ESD, 食物連鎖, 海洋教育, 環境教育, 透明標本