

ISSN 1348-9437

海遊館機関誌

かいゆう

Journal of Osaka Aquarium Kaiyukan, KAIYU

Vol. 18 April 2015



大阪・海遊館

目 次

Contents

伊藤このみ、林成幸、楠比呂志：

ミナミイワトビペンギン *Eudyptes chrysocome chrysocome* の繁殖への取り組み

Konomi Ito, Shigeyuki Hayashi, Hiroshi Kusunoki

Approaches to Improve Captive Breeding of Rockhopper Penguin (*Eudyptes chrysocome chrysocome*) 1

恩田紀代子、伊東隆臣：

硬骨魚類におけるハズバンドリートレーニングの有効性

Kiyoko Onda, Takaomi Ito

The Effectiveness of Husbandry Training in the Osteichthyes 14

北藤真人：

水族館で学ぶ鰭の話

Masato Kitafuji

Learning about Fish Fins at Aquarium 26

西田清徳：

やわらかい骨を持つ魚の話（軟骨魚類博物誌）【6】

Kiyonori Nishida

Natural history of Chondrichthyes 【6】 39

ミナミイワトビペンギン *Eudyptes chrysocome chrysocome*
の繁殖への取り組み

伊藤このみ¹⁾、林成幸¹⁾、楠比呂志²⁾

¹⁾大阪・海遊館、²⁾神戸大学大学院農学研究科

**Approaches to Improve Captive Breeding of
Rockhopper Penguin (*Eudyptes chrysocome chrysocome*)**

Konomi Ito¹⁾

Shigeyuki Hayashi¹⁾

Hiroshi Kusunoki²⁾

¹⁾Osaka Aquarium Kaiyukan

²⁾Graduate School of Agricultural Science, Faculty of Agriculture Kobe University

要旨

国内で飼育されているミナミイワトビペンギン *Eudyptes chrysocome chrysocome* の飼育羽数減少が危惧されている。当館も繁殖促進に努め、2008-2010年の間に合計5羽孵化生育に成功した。しかし2011年以降は、飼育個体の高年齢化や、展示施設の新設に伴って個体群を2分化したことにより、有精卵数は減少し孵化にも至っていない。そこで、2011年より本種の人工繁殖技術確立を目指して、神戸大学と共同で繁殖研究に取り組んだ。人工授精の適期を解明するため、繁殖期における交尾行動の観察、メスの血液生化学値および性ステロイドホルモン値の動態調査による排卵、受精および産卵日の特定、精液の採取法の検討と性状の検査を行った。また得られた精液を使用し、メス4羽に対して実際に人工授精を行った。交尾行動の観察により、受精日は産卵の9-12日前と推定された。また、メスの血液生化学値と性ホルモン値の変動から、排卵は産卵の3-4日前に生じると考えられた。エストラジオールの値が産卵の6-7週間前から緩徐に上昇し始め、それから1-2週間遅れた産卵4-5週間前からCa、TGの上昇がみられた。これらの変動を追うことで排卵、受精および産卵日を特定できる可能性が示唆された。精液採取法として5通りの方法を試した結果、2014年に行った精管乳頭圧搾法で糞尿の混じらない純粋な精液を採取することが可能となった。ほとんどのオスで精液性状が最も高くなるのは5月の初旬であった。また本種のオスの性成熟年齢は3-4才であることが明らかとなった。これらの基礎研究結果に基づいて人工授精を行ったところ、有精卵が1卵得られたが、雛のDNA判定の結果、父親はドナーオスではなくペアを組んでいたオスであった。人工授精雛の誕生には至らなかったが、成功に向けた課題は明らかとなった。

Abstract

There is a growing concern that the captive population of Rockhopper Penguin (*Eudyptes chrysocome chrysocome*) in Japan has continued to decline. The Osaka Aquarium Kaiyukan has been working on captive breeding of rockhopper penguins for years, and successfully fertilized eggs and raised five penguins from 2008 to 2010. However, egg fertility has remained low and no hatching has been observed since 2011. One of the main causes is aging population of the penguins, and another is the fact that the captive penguin population have been separated into the two groups, one at the regular exhibit, and the other at the newly opened exhibit. To tackle with the situation, the aquarium has launched a study since 2011 in concert with Kobe University with an aim of establishing techniques for artificial captive breeding of rockhopper penguins. In order to find out appropriate timing for artificial insemination, we observed mating behavior during breeding season, analyzed biochemical value and sex steroid hormone concentration in the blood of female penguins to identify the date of ovulation, fertilization, and oviposition. We tested possible techniques to collect semen, and analyzed its characteristics. The collected semen was then used for artificial insemination on four females. Based on the observation of mating behavior, fertilization was estimated to be 9 to 12 days prior to the date of oviposition. Also, fluctuation of biochemical value and sex steroid hormone concentration in the female's blood suggested ovulation was 3 to 4 days prior to the oviposition. Estradiol level in the blood began to increase slowly 6 to 7 weeks prior to the oviposition, followed by the rise of Ca and TG one to two weeks later (i.e. 4 to 5 weeks before oviposition). By keeping track of these fluctuations, we were able to predict date of ovulation, fertilization, and oviposition. Of the five methods tested for collecting semen from male rockhopper penguins, in 2014, we identified squeezing genital papillae as the most successful way to obtain the purest semen containing no excretion. The study also showed that majority of males tested had the highest sperm concentration in early May, and they reached sexual maturity at an age of 3 to 4 years. Based on these outcomes, we conducted artificial inseminations and obtained one fertilized egg. The DNA test result of the newly born chick indicated, however, its father was not a semen donor but a pair. Though the chick was not born through artificial insemination this time, this work has demonstrated issues for improving captive breeding of rockhopper penguins.

日本国内でのミナミイワトビペンギン飼育状況

ミナミイワトビペンギンは、2013年12月31日現在、日本動物園水族館協会に加盟している151園館のうち、15園館で合計127羽が飼育されている。1997-2013年までの国内飼育羽数に大きな変動はない。しかし、2013年度の繁殖成績は9園館で37卵産卵、このうち無精卵29卵、有精卵8卵、雛の生育数は5羽となっており、孵化生育数が伸び悩んでいる(図1)。近年は、野生動物保護の観点から野生個体の新規導入は非常に困難な状況であり、この状況下では本種の国内飼育羽数の減少が危惧される。本種は高年齢化や年齢層の空洞もあり、飼育羽数を長期的に維持するためには若年齢層による安定した繁殖が急務である(図2)。今後の課題として、産卵数に対しての受精率向上や少数飼育の回避、適切な飼育スペースの確保および繁殖環境の改善が挙げられる。

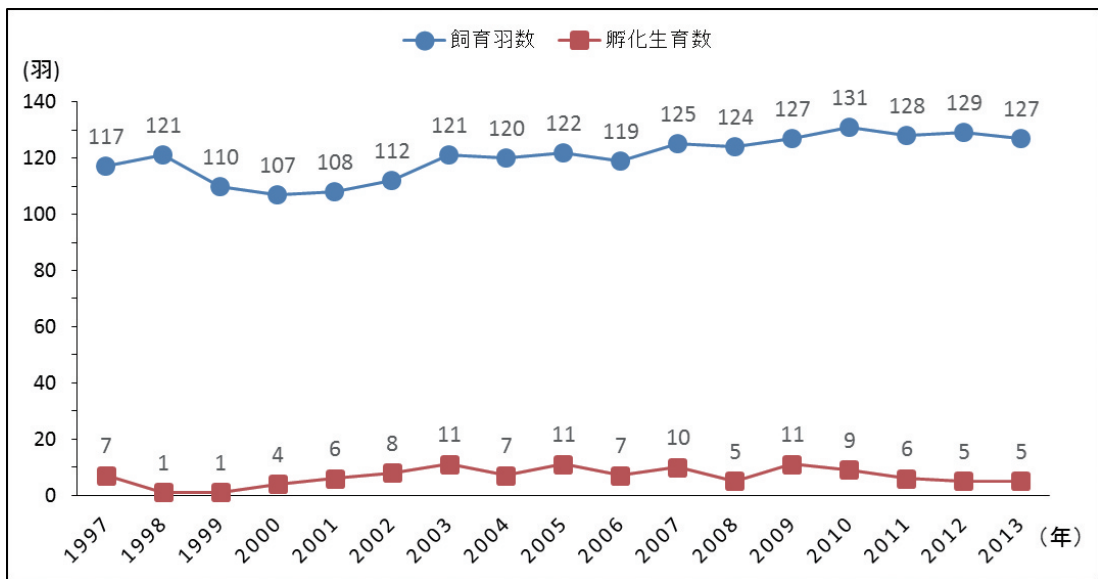


図1. 日本国内におけるミナミイワトビペンギンの飼育羽数と孵化生育数の変動

(2013年12月31日現在)

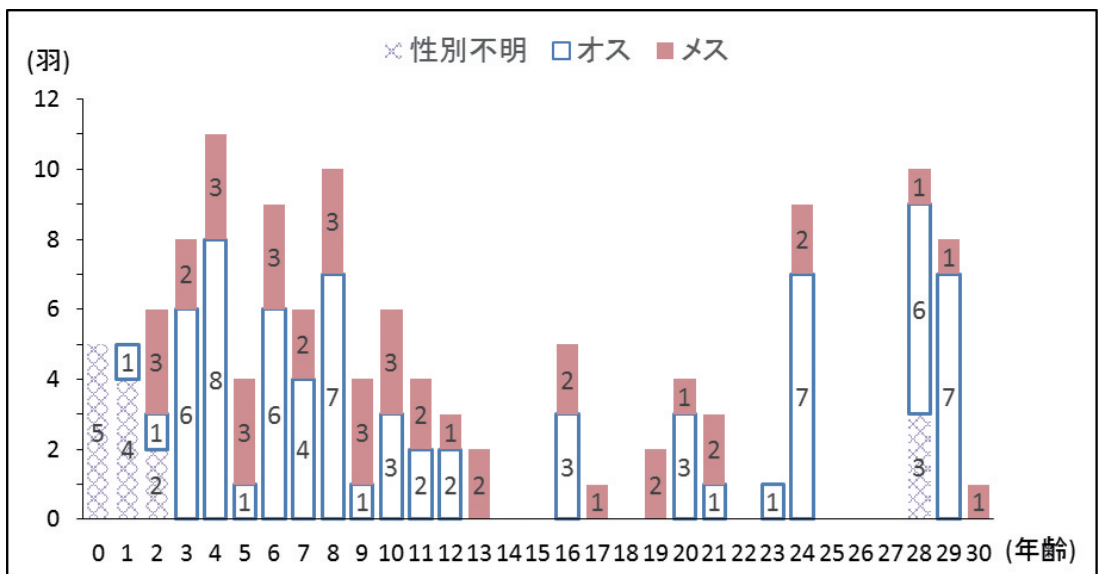


図2. 日本国内におけるミナミイワトビペンギンの年齢別飼育羽数

(2013年12月31日現在)

当館における飼育環境

当館は1990年の開館以来、イワトビペンギンを飼育している。餌は主に淡水解凍したオスのカラフトシシャモを使用している。サプリメントとしてVita-zu Bird Tablet 5M25 (MAZURI社製) を1日1錠添加し、1日2回ハンドフィードにより飽食給餌を行っている。飼育開始当初、繁殖季以外は完全屋内型の水槽(陸地有効面積約40㎡、水深5.38m、水量380㎡、水温約10℃、室温0-3℃、以下、施設A)において、オウサマペンギン *Aptenodytes patagonicus patagonicus*、ジェンツーペンギン *Pygoscelis papua ellsworthii* と混合で飼育し、繁殖季には状況に合わせて予備水槽(陸地有効面積約12.8㎡、水深1.0m、水量7.1㎡、水温約10℃、以下、施設B)に移動して飼育していた(図3)。しかし、本種の繁殖環境が整わず、2007年以降は施設Aでの飼育を完全に終了し、施設Bのみの飼育に切り替えた。施設Bも完全屋内型の水槽であり、施設Aと同じ照明スケジュールを組んでいる(表1)。施設Bの室温は収容する種に合わせて設定し温度を変更できる仕様であり、当館で飼育している本種の繁殖季である3-6月は、設定気温を20℃とし本種のみ飼育としている。2013年には本種専用の展示水槽(陸地有効面積約11.5㎡、水深約0.4m、水量約4.6㎡、水温約10℃、以下、施設C)を新設し、個体群を2分化した。施設Cは、完全屋内型のオープン水槽であり、室温を20℃前後に保てる設計である(図4)。照明スケジュールは当館の営業時間を考慮し、施設A、Bと異なる独立したスケジュールを組んでいるものの、施設Bの個体群と繁殖季、換羽季が重なるよう調整している。(表1)

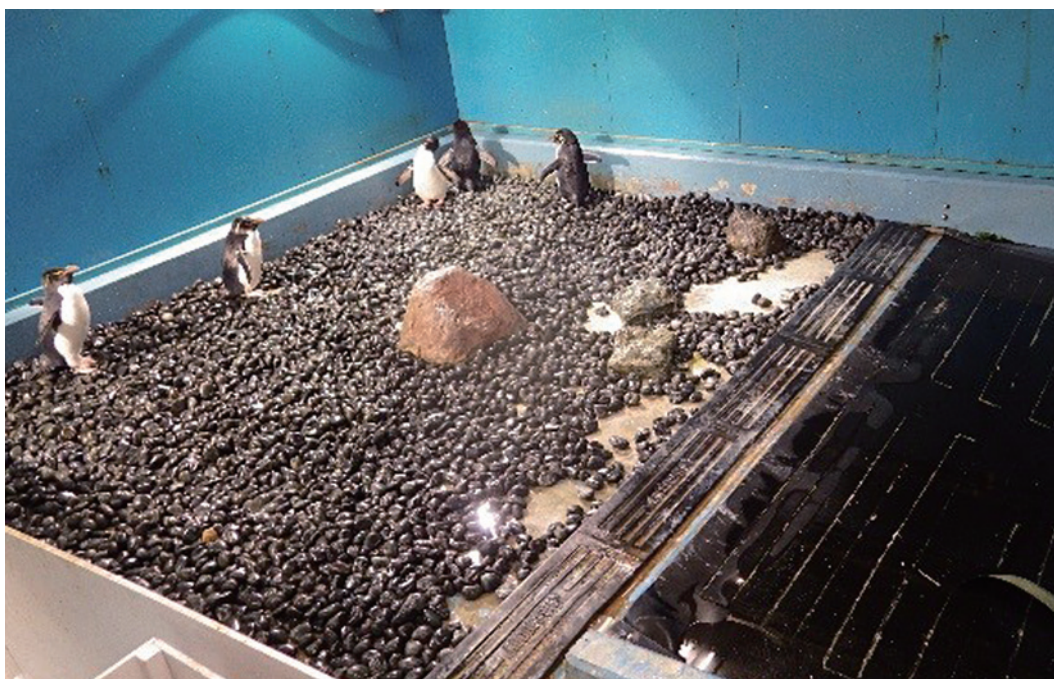


図3. 施設Bの様子

表1. 各施設の照明点灯スケジュール

月	施設A・B		施設C	
	点灯時間帯	合計時間	点灯時間帯	合計時間
1月	8：00～17：00	9時間	10：00～20：00	10時間
2月	8：00～17：00	9時間	10：00～20：00	10時間
3月	8：00～19：00	11時間	10：00～22：00	12時間
4月	7：00～20：00	13時間	9：00～23：00	14時間
5月	6：00～20：00	14時間	8：00～23：00	15時間
6月	6：00～21：00	15時間	8：00～24：00	16時間
7月	5：00～21：00	16時間	7：00～24：00	17時間
8月	5：00～21：00	16時間	7：00～24：00	17時間
9月	6：00～20：00	14時間	8：00～23：00	15時間
10月	8：00～20：00	12時間	10：00～23：00	13時間
11月	8：00～19：00	11時間	10：00～22：00	12時間
12月	8：00～18：00	10時間	10：00～21：00	11時間



図4. 施設Cの様子

当館における繁殖実績

各年の産卵、受精、孵化、生育結果と性別や繁殖年月日、入手方法などの飼育個体情報を表2、表3に示す。1990年の飼育開始以来、繁殖を目標として飼育に取り組んできたが、繁殖環境の整備が不十分であったため産卵には至らなかった。そこで、1997年に宮城県にあるマリニピア松島水族館から有精卵の譲渡を受け、孵卵器を用いて孵化させた後、人工育雛を経て2羽の生育に成功した。その後、繁殖季に施設Bを併用することで、ここへ収容した個体から産卵が確認されるようになったが、産卵する個体数が少なく、有精卵は得られなかった。血液を用いたDNA判定による雌雄判定を実施した結果、飼育個体の性比に偏りがあることが判明したため、2002年に他園館と個体交換を実施しメスを3羽導入した。本種の繁殖に適した水槽内の温度設定を模索した結果、設定温度を20℃まで上昇させた2004年から有精卵を採取することに成功した。

2004年は、親鳥に抱卵させ嘴打ちを確認したが自力での孵化には至らず、孵卵介助によって強制的に孵化させ人工育雛での生育を試みるが、雛は13日齢に死亡した。2005年と2006年は、破卵防止のため産卵確認後、直ちに卵を親鳥から回収し孵卵器内へ収容したが、孵化はみられず有精卵は全て発生中止卵となった。2007年は、親鳥による抱卵で孵化させたが、親鳥による圧死や雛が巣から転落したことによる低体温死で、孵化した全3羽の生育に失敗した。2008年以降は、親鳥による抱卵で孵化させた後、直ちに人工育雛に切り替えた。この方法をとることにより、2008-2010年までの3年間で、いずれも同血統の親鳥から合計5羽（メス1羽、オス4羽）の生育に成功した。

しかし、2011年以降は孵化に至っていない。その一因として、飼育個体の高年齢化に伴い有精卵数が減少したことや、2013年に本種専用の飼育施設を新設し個体群を2分化し個体群バランスが一時的に崩れて産卵数が減少したことが考えられた。2014年は、2011年-2013年までに新規導入した若年個体がペアを形成し有精卵の産卵がみられた。今後は、産卵数および有精卵数が増加すると見込まれる。

表2. 当館における産卵、受精、孵化、生育結果

	ペア形成 (組)	産卵 (卵)	有精卵 (卵)	有精卵の破卵 (卵)	発生中止卵 (卵)	孵化 (羽)	生育 (羽)
2004年	4	8	1	0	0	1	0
2005年	4	7	1	0	1	0	0
2006年	4	7	4	0	4	0	0
2007年	4	7	5	0	2	3	0
2008年	4	7	5	3	0	2	2
2009年	3	5	1	0	0	1	1
2010年	3	6	3	1	0	2	2
2011年	2	3	0	0	0	0	0
2012年	3	4	1	0	1	0	0
2013年	2	1	0	0	0	0	0
2014年	5	5	2	0	2	0	0

親鳥による抱卵を基本とし、2005年と2006年のみ産卵確認後、すぐ回収し孵卵機へ収容

表3. 当館のイワトビペンギン飼育個体情報

国内血統登録#	個体管理#	雌雄	繁殖年月日	来園年月日	入手方法	搬出年月日	飼育施設*
173	R-011	オス	1984.11.27	1990.06.22	他園館より導入		施設C
179	R-027	オス	1984.11.29	1990.06.22	他園館より導入		施設B
180	R-034	オス	1984.11.30	1990.06.22	他園館より導入		施設B
190	R-079	オス	1984.12.02	1990.06.22	他園館より導入		施設C
193	R-089	オス	1984.12.06	1990.06.22	他園館より導入		施設B
389	R-152	メス	1996.06.09	2002.12.19	他園館と個体交換		施設B
391	R-153	メス	1997.05.20	2002.12.19	他園館と個体交換		施設B
399	R-200	オス	1997.06.04	1997.06.04	他園館より有精卵譲渡		施設B
538	R-202	オス	2008.06.06	2008.06.06	繁殖	2011.05.08	-
539	R-203	メス	2008.06.06	2008.06.06	繁殖		施設C
553	R-204	オス	2009.06.19	2009.06.19	繁殖	2012.03.11	-
563	R-205	オス	2010.06.04	2010.06.04	繁殖		施設C
564	R-206	オス	2010.06.04	2010.06.04	繁殖		施設C
511	R-300	メス	2006.05.28	2011.05.06	他園館と個体交換		施設C
525	R-301	メス	2007.05.31	2012.03.15	他園館と個体交換		施設C
536	R-302	オス	2008.05.31	2012.11.28	他園館より借り受け		施設C
317	R-303	オス	1998.03.26	2014.03.07	他園館より導入		施設C
499	R-304	メス	2005.05.31	2014.03.07	他園館より導入		施設C
567	R-305	メス	2011.05.30	2014.03.07	他園館より導入		施設C

*: 飼育施設は2014年6月30日現在の飼育場所

人工繁殖への取り組み

当館ではペンギン類の人工繁殖技術の確立を目指し、神戸大学大学院農学研究科、楠比呂志准教授との共同研究で、2011年から本種の繁殖生理の解明と人工繁殖技術の開発に関する研究を実施してきた。まず、人工授精適期を推測するために交尾行動の観察と、排卵・受精・産卵日推定のための血液生化学値および血液性ステロイドホルモン値の動態調査を行った。人工授精に用いる精液を得るために採精法の検討や精液性状検査も並行して行った。これらの成果をもとに4年間で4羽のメスに対して計17回の人工授精を行った。

交尾行動の観察

当館での本種の繁殖季である3月～5月にかけて、巣の上にビデオカメラを設置して録画した画像を観察することにより交尾行動の有無を確認した。観察は2011年と2012年、2014年の3年間で5シーズン（同じペア含む）実施した。1卵目産卵日を基準日（0日）とし、それ以前で交尾行動が始まった時期、交尾頻度が上がった時期、完全交尾がみられた時期、また基準日以後にも交尾行動がみられるか否かを調べた（図5）。

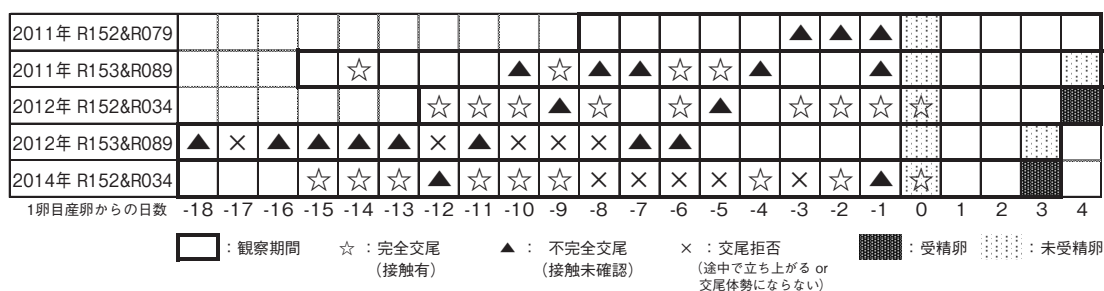


図5. 交尾行動観察結果

供試個体中で受精卵が得られたのは2012年と2014年のR152で、いずれも2卵目のみが受精していた。1卵目産卵後には交尾がみられなかったことから、2卵目の受精は1卵目産卵前であると考えられた。今回、産卵メスの血液性ホルモン値の変動調査から排卵は産卵の3-4日前に起こっていると推測された（後述）。1卵目が排卵して卵管を下降している最中に、精子が卵管内を上向していくことは物理学的に考えにくく、2卵目を受精させるための精子は、1卵目が排卵されるまでには受精部位に存在していなければならない。本研究で産卵したメス個体の血中P4値の一過性ピークは、産卵4-3日前に起こっており、排卵はこの直後に起こっている可能性が示唆された。この結果から、1卵目産卵4日前から当日までの交尾は受精には関与しないと考えられた。

R152では、2012年は1卵目産卵の12-6日前に、2014年は15-9日前に完全交尾が観察され2卵目のみが受精していた。この結果から、2卵目の受精適期は1卵目産卵の15-6日前、特に11日前か10日前である可能性が高いと推測された。

今回、1卵目が受精しなかった原因を特定することはできなかったが、引き続き交尾行動の観察と精液性状や性ステロイドホルモン値の動態調査を行うことにより解明が進むことが期待される。

血液生化学値および血液性ステロイドホルモン値の測定

排卵・受精・産卵日推定のため、メスの血液生化学値および血液性ステロイドホルモン値の動態を調べた。産卵の可能性のあるメス4羽について採血を行った。採取した血液は遠心分離後すぐに、ARKRAY社のSPOTCHEM EZ SP-4430を用い、グルコース、総コレステロール、アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ、アラニンアミノトランスフェラーゼ、 γ -グルタミルトランスペプチターゼ、総ビリルビン、総タンパク、アルブミン、中性脂肪(以下、TG)、乳酸脱水素酵素、クレアチンキナーゼ、アルカリフォスファターゼ、カルシウム(以下、Ca)、無機リン(以下、IP)、マグネシウム(以下、Mg)を測定した。残った血液は、一旦、凍結保存した後に、未抽出の状態、血液性ステロイドホルモン(P:プロゲステロン、E:エストロゲンおよびT:アンドロゲン)値を二次抗体固相式酵素免疫測定法にて測定した。

調査した生化学値のうち繁殖季に変動がみられた項目はCa、TG、IP、Mgの4つであった。これら4項目のうちCa、TG、IPは、1卵目産卵の約4-5週前(営巣季)から上昇がみられ始め、産卵直前にピーク値をとった。Mgは、1卵目産卵の約4-6週前(営巣季)から高値をとった。他の3項目の様なピーク値はなく、増減を繰り返しながら産卵直前まで高値をとり続けた。これら4項目は産卵がみられなかったメスでも同様の変化が認められた。

性ステロイドホルモンのうち、繁殖季に最も早く変化が現れたのはEであった。Eは、二相性で変化し、一相目の上昇は1卵目産卵の7-4週間前(営巣季)に、二相目の上昇はその2-3週間後(営巣季から交尾季の間)に認められ、1卵目産卵の8-4日前にピーク値となった。そしてこれとほぼ同時期かやや遅れてTの上昇がみられた。Eは営巣行動(Williams, 1992; Robert et al., 1994)や抱卵斑の形成、髓様骨(卵殻形成のためのカルシウム源)の産生、肝臓での卵黄前駆物質生成、卵管の成長を促進するといわれている。また営巣季から交尾季におけるメスのT上昇は、巣やテリトリーを守る行動、Eとの相乗効果による髓様骨産生に寄与するといわれている。Eの一相目上昇から約1-2週間遅れてCa、TGの上昇が始まっていることから、本種においてもEの一相目の上昇は営巣行動や抱卵斑の形成、髓様骨産生、卵黄前駆物質生成に関与していると推測された。

Pは、1卵目産卵の3-4日前に一過性の上昇が認められた。多くの鳥類では、これが排卵前のLHサージを誘発するといわれている。本研究でみられた産卵直前のPの一過性の上昇は、オウサマペンギンでも確認されており(Robert et al., 1994)、ペンギン類においても同様の内分泌機構で排卵が引き起こされる可能性が示唆された。この結果から、本種の排卵は産卵の3-4日前に起きると考えられた。

採精方法の検討・精液性状検査

採精は、繁殖季である4月から精液が採取できなくなる6月中旬の期間に実施した。初年度の2011年は、ボランティア射精法と腹部マッサージ法、総排泄孔マッサージ法の3通りの方法で行った。ボランティア射精法では、係員の腕や足に対してペンギンが自ら交尾行動を行い、掌に射精した精液を採取する方法である。腹部マッサージ法は、ペンギンを係員の膝の上で伏臥位の状態に保定し、後肢付け根よりやや上から尾側に向かって背部と腹部を掌で優しく擦った後、総排泄孔を圧搾して精液を採取する方法である(図6)。総排泄孔マッサージは係員の膝の上でペンギンを伏臥位に保定し、尾羽を持ち上げて指の腹で総排泄孔を優しく擦った後、総排泄孔を圧搾し精液を採取する方法である。2012年、2013年は、腹部マッサージ法を改良した腹部マッサージ変法を実施した。腹部マッサージ後、後肢付け根の腹側から総排泄孔を強く圧搾し、精液を採取する方法である。キジ類で行われている採精手技に本種の交尾行動の観察結果から得られた知見を組み合わせ、新たな手技を考案して精液採取を試みた。ペンギンを腹臥位にし、後肢を折り曲げて膝の上で保定し(図7)、総排泄孔の下部に交尾時にオスがメスに対して行う擦り行動を模した刺激を指で総排泄孔に加えた後、総排泄孔を反転させて精管乳頭を露出させ精液を圧搾し、精液を採取した(図8)。



図6. 腹部マッサージの様子

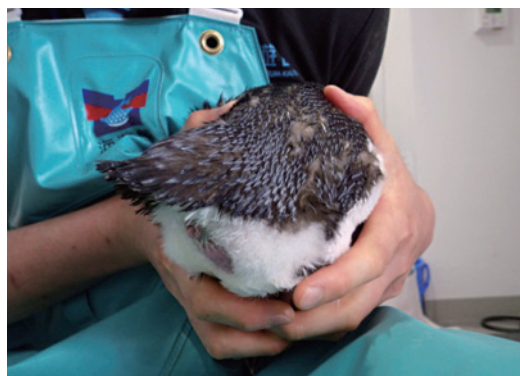


図7. 後肢を折り曲げた保定



図8. 精管乳頭を露出し精液を圧搾

採取した精液は、直ちに性状検査を行った。まず、精液量は、Ht管または20Gの留置針の外筒への吸入量（長）から換算して求めた。精子濃度は、低張液で精液を定量希釈して精子の運動を止めた後に、血球計算盤を用いて精子数をカウントして行った。得られた精子濃度と精液量から総精子数を算出した。精子の生存率は、ニグロシン・エオジン染色を施した後に算定した。運動性は、室温（約20℃）または加温下（40℃）での顕微鏡観察により算定した。

実施した5通りの方法の全てで精液の採取が可能であった。腹部マッサージ法は家禽や猛禽類でよく行われる方法（Coles, 2002）で、本種でも実施されている（Jennifer et al., 2007; Jennifer et al., 2011）。ボランティア法による精液採取は、マゼランペンギン（Justine et al., 1999）で報告がある。それぞれの方法にメリット・デメリットがあったが（表4）、2014年に実施した精管乳頭圧搾法では、糞便や尿酸を混入させず純粋な精液を採取することができ、本種における最も優れた精液採取方法と考えられた。

表4. 各精液採取方法のメリット・デメリット

採精方法	メリット	デメリット
ボランティア法	個体へのストレスがない 糞尿の混入が少ない	精液回収方法が難しい 人への馴致・トレーニングが必要 実施できる個体が限られる
腹部マッサージ法 総排泄孔マッサージ法	精液の回収がボランティア法に比べ簡易 人への馴致・トレーニングの必要なし	保定による個体へのストレスが大きい 糞尿の混入が多い
腹部マッサージ変法	腹部マッサージ法より採取できる液量が多い 人への馴致・トレーニングの必要なし	保定による個体へのストレスが大きい 糞尿の混入が多い
精管乳頭圧搾法	糞尿の混じらない純粋な精液採取が可能 人への馴致・トレーニングの必要なし	保定による個体へのストレスが大きい 総排泄孔粘膜からの出血

2011年に3才であったR202で、形態的に未熟な精子が採取できた（図9）。また、2014年に4才であったR205では、少数ながら正常な精子を得ることができた。この結果から、本種のオスの性成熟は、3-4才であると考えられ、これはWilliams（1995）らが報告した性成熟年齢は4才と一致した。なお、2013年に5才であったR302は、不動の精子がごく少数得られたのみであったが、この個体は前年の11月に導入されたばかりで、換羽時期も、他個体に比べて大きく外れた。翌2014年は、精液性状が向上したので、前年度の性状不良は移動や環境変化の影響によるものが大きいと考えられた。

本研究で供試したオスのほとんどで、精液性状のピークは5月初旬であり、精子が採取できる期間は4-9週間であった。しかし、当館でのメスの産卵時期は、3-5月初旬まで個体や年によってバラツキがあり、オスの精液性状のピークとメスの産卵時期がずれていると受精には至らず、このことが繁殖成績低下につながっている可能性も考えられた。

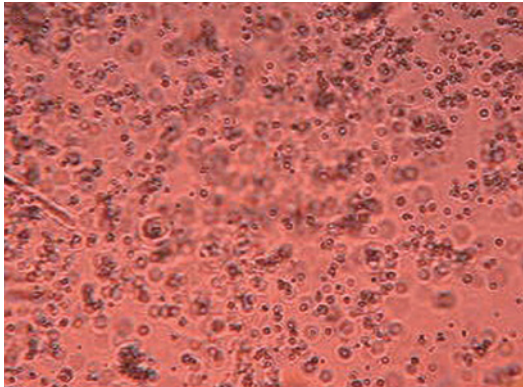


図9. R202の未熟精子

人工授精

人工授精は、血液生化学値の変動から産卵が近いと予測されたメス4羽に対して実施した。2011年はR152に対して計4回、2012年はR153とR300に対して各3回ずつ、2014年はR203に対して計5回、R300に対して計2回、直前に採取した精液を用い人工授精を行った。このうちメスが産卵したのは、2011年のR152と2012年のR153と2014年のR300の3例のみであった。受精卵が得られたのは2014年のR300の1例だけで、2卵産卵し、1卵目は検卵前に破卵したため受精の有無は確認できなかった。2卵目は検卵で胚の発生が確認されたが、雛は孵化前に死亡した。卵膜の血液を用いてDNA検査を行った結果、雛の父親はドナーオスではなく、ペアを組んでいたオス個体であることが判明した。

人工授精が成功しなかった理由として、実施のタイミングや使用器具、技術の未熟さ、注入した精液性状、注入量などが挙げられた。今後、人工授精を成功させるためには、多数の活発に運動している精子をタイミングよく注入することが肝要で、そのためには、尿酸の混入がない良好な性状の精液の安定確保と、本種の精子に適した希釈液の開発、また授精適期の把握が必要と考えられる。本研究において、交尾行動の観察結果から、2卵目の受精時期を推測することができた。また、メスの血液生化学値および血液性ステロイドホルモン値の動態から排卵日を推定することが可能となった。さらに、純粋な良好精液の採取が可能な精管乳頭圧搾法を考案するに至った。しかし、オスの精液性状のピークが、メスの授精適期と一致していないケースが少なからずみられ、このずれを埋めるには精子の保存が不可欠であり、今後は、これまでの研究を継続しつつ、精子の保存法の開発についても取り組んでゆかねばならない。

謝辞

今回の研究を遂行するにあたり、精液採取手技のご指導を賜った姫路市立動物園のスタッフの皆様、またDNA検査による雛の父親判定を実施してくださいました米田遺伝子型研究所 米田一裕様に心から感謝致します。また、採血や採精、人工授精にご協力いただいた海遊館のスタッフの皆様へ深謝いたします。

引用および参考文献

- 伊東隆臣、三木真理子. 2011. 飼育下オウサマペンギンの性別および繁殖ステージに關する血液化学値の変動. 動物園水族館雑誌. 52(2) : 35-46pp.
- 今村英美. 2014. 2013年度イワトビペンギン国内個体登録台帳.
- 萱島潤. 1998. 「南極大陸」…空を飛んでやってきた卵. かいゆう3(2) : 4pp.
- 滝沢直樹. 2005. セキセイインコの繁殖関連疾患 鳥類の生殖器の解剖と生理. *In* Veterinary Medicine in Exotic Companions 3(3) : 19-22pp. インターズー. 東京.
- 福岡敏夫. 2003. ツル、キジ類等の取り組み, IIIg. Project Aves. 希少動物人工繁殖研究会報告集～十年の歩み. 1993-2002年 : 104-107pp.
- Coles B. H. 2002. 繁殖 (採精、人工授精). *In* バードクリニックプラクティス 鳥の治療と看護 : 210-211pp. インターズー. 東京.
- Jennifer W, Tammy R, Jan R, Jeffry P. 2007. Semen Collection and Characterization in Rockhopper Penguins (*Eudyptes chrysocome chrysocome*). *J. Zoo Wildl. Med.*, 38(1):13-17pp.
- Jennifer W, Tammy R, Jean M. D, Jeffry P, Jan R. 2011. Semen Characteristics and Artificial Insemination in Rockhopper Penguins (*Eudyptes chrysocome chrysocome*). *Zoo Biol.*, 30:1-15pp.
- Justine K. O, David A. O, Stephen P. M, Terri L. R. 1999. Semen Collection, Characterization, and Cryopreservation in a Magellanic Penguin (*Spheniscus magellanicus*). *Zoo Biol.*, 18:199-214pp.
- Robert M, Pierre J, Andre L, Susumu I. 1994. Plasma LH and Steroid Hormones in King Penguin (*Aptenodytes patagonicus*) during the Onset of the Breeding Cycle. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 93:36-43pp.
- Williams T. D. 1992. Reproductive Endocrinology of Macaroni (*Eudyptes chrysolophus*) and Gentoo (*Pygoscelis papua*) Penguins. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 85:230-240pp.
- Williams T. D, Wilson R. P, Boersma P. D, Stokes D. L. 1995. イワトビペンギン. *In* ペンギン大百科 : 316-329pp, 平凡社, 東京.

硬骨魚類におけるハズバンダリートレーニングの有効性

恩田紀代子, 伊東隆臣

大阪・海遊館

The Effectiveness of Husbandry Training in the Osteichthyes

Kiyoko Onda and Takaomi Ito

Osaka Aquarium Kaiyukan

要旨

魚類において、検査・治療および研究のために物理的保定を行うことは身体的・精神的にストレスを与え、さらに収集されたデータの信頼性を損ねる可能性もある。そこで大阪・海遊館で飼育しているワモンフグ *Arothron reticularis*、ホシガレイ *Verasper variegatus*、マンボウ *Mola mola* の硬骨魚類3種に対して、ハズバンダリートレーニングを試みた。

これら3種に、トレーナーに対する拮抗条件付け、水面への誘導トレーニング、各種接触刺激の拮抗条件付けを行った結果、視診、触診、生検、超音波検査、体重測定、眼圧測定の実施が可能となった。またワモンフグとホシガレイの2種においてはトレーニングにより採血を実施することができた。トレーニング下での治療として、ワモンフグは薬物の皮下・筋肉内投与を行うことができ、マンボウは眼球角膜に寄生する単生虫を駆虫するため、定期的な眼球への淡水浴が可能となった。

本研究により、ハズバンダリートレーニングは硬骨魚類の検査や治療に対して有効であることが示された。今後は、大水槽から選別しにくい魚種、ハンドリングが困難な大型魚種、捕獲ストレスの影響を受けやすい魚種などに対してトレーニングを行っていくことで、魚類の健康管理や繁殖学的・生理学的研究に役立てていきたい。

Abstract

Imposing physical restraint on fish at the time of test, treatment or examination makes fish stressed physically and mentally. It can also result in the risk that the collected data may lack validity. To cope with these concerns, the Osaka Aquarium Kaiyukan has conducted research focusing on the efficacy of husbandry training and worked with three selected species of Osteichthyes: Reticulated pufferfish (*Arothron reticularis*), Spotted halibut (*Verasper variegatus*), and Ocean sunfish (*Mola mola*).

We conducted counterconditioning to our trainer, guided the fish up onto the water surface, and then carried out counterconditioning to various types of tactile stimulation. The series of training has made it possible to carry out visual examination, palpation, biopsy, ultrasonography, obtaining weight and intraocular pressure on the fish species. We were able to take blood from reticulated pufferfish and spotted halibut, too. We also found that trained pufferfish could stay in a prone position for subcutaneous

and intramuscular injections, and trained ocean sunfish could take freshwater bath regularly at the water surface to get rid of monogenean parasitism around cornea of their eye balls.

The study shows that husbandry training is efficacious for examining and treating Osteichthyes species. With an aim to contribute to health management of fish in captivity as well as theriological and physiological research, we will expand husbandry training to many other fish species, in particular 1) species kept in a large tank which are hard to capture, 2) large species which are hard to handle, and 3) species which can be affected by the stress caused in the process of being captured.

はじめに

海遊館では、飼育下魚類の健康管理方法の開発や生理学的・行動学的な検査・調査を基にした研究を行うことで、内保全や域外保全への貢献を目指している。しかし、これらのデータ収集に当たり、大水槽から特定の個体を選び出して捕獲することは困難であり、また検査・調査のために物理的保定を行うことで、生物や作業にあたるスタッフにとって危険を伴う恐れがある。さらに魚類に対してストレスを与えてしまい、収集されたデータの信頼性を損ねてしまう可能性がある。過度のストレスや長期に渡るストレスは、魚類の身体を疲弊させ、生殖機能抑制・生体防御機能低下を招き、最悪の場合は死に至ることもある(鈴木ら, 2002)。これらの問題を解決するため、当館では軟骨魚類のハズバンダリートレーニングの有効性について研究を行っており、トレーニング下でのジンベエザメ *Rhincodon typus* の採血 (Sodeyama et al., 2012)、トラフザメ *Stegostoma fasciatum* の採血 (竹内ら, 2011)、超音波検査、バイオプシー等 (Ito et al., 2012) の成果をあげている。今回、新たに硬骨魚類3種に対して実施したハズバンダリートレーニングの結果を報告する。

対象魚種

ワモンフグ *Arothron reticularis* 1個体、ホシガレイ *Verasper variegatus* 1個体、マンボウ *Mola mola* 15個体を対象とした。全長30cm、体重2.5kgのワモンフグを水深0.9m、水量2.6m³の予備水槽で通年24℃に維持した海水で飼育を行った。餌量はアジやシシャモ、スルメイカの切身を強化子として与え、給餌はトレーニング時のみに行った。ホシガレイは全長30cm。体重は1.5kgであり、海遊館の「瀬戸内海」水槽で飼育・展示を行った。「瀬戸内海」水槽は水深4m、水量150m³で年間を通して18℃に維持され、マダイやイセエビなど40種約300点を飼育・展示している。給餌は月曜日と土曜日の週2回、アジやシシャモ、スルメイカの切身やキビナゴに総合ビタミン剤を適量添加し水槽全体に与えた。それ以外にトレーニング時の強化子として短冊状にしたスルメイカの切身や5-8mmの輪切りにしたシシャモを与えた。マンボウは海遊館の「太平洋」水槽で飼育・展示を行った。「太平洋」水槽は水深が9m、水量5,400m³の当館最大の水槽であり、マンボウの他にも大型の板鰐類や回遊性魚類など約60種1,500点の展示を行っている。トレーニングは2010-2012年に飼育・展示を行った全長87-128cm (平均106cm, ただし、未計測の4個体は除く)、体重35-135kg (平均78kg, ただし、未計測の4個体は除く) の15個体を実施し、給餌はトレーニン

グ時に行い、50gの団子状に丸めたミンチ（アジ、スルメイカ、ブラックタイガー）、またはスルメイカの肝臓を1日当たり100–700g強化子として給餌した。

トレーニング

トレーナーに対する拮抗条件付け、水面への誘導トレーニング、各種接触刺激の拮抗条件付けまでの一連の行程を基本トレーニングとし、体重測定、採血、淡水浴を実施するためのトレーニングを応用トレーニングとした。各魚種に対し行うトレーニングは1日1セッションとした。ワモンフグ、ホシガレイは摂餌欲を欠くまでを1セッションとした。マンボウは定量を設定し、定量摂餌または摂餌欲を欠くまでを1セッションとした。

1. 基本トレーニング

まず、トレーナーに対する拮抗条件付けを行い、ハンドフィーディングを可能にした。ホシガレイ、マンボウの2種においてはトレーナーが潜水してハンドフィーディングを行いながら、徐々に水面への誘導トレーニングを行なった。続いて、手で体に触られることに対する拮抗条件付けを行った。このトレーニングにより、ホシガレイとワモンフグは掌上での保持（図1）が可能となり、マンボウは水面での保持（図2）が可能となった。マンボウは「太平洋」水槽へ搬入した翌日から基本トレーニングを開始し、毎日トレーニングを実施したが、ワモンフグとホシガレイはプロポーションや摂餌量を考慮して2–5日毎に実施した。ホシガレイにおいては、トレーナーは潜水清掃を行うダイバーとの差別化を図るため紫色のゴム手袋を着用してトレーニングを行った。

その結果、3種全てにおいて視診、触診が可能となり、ワモンフグにおいては体表や鰭を組織学的に診断する生検や腹部の超音波検査（図3）、眼圧の測定を実施することが可能となった。マンボウは基本トレーニング完成まで至ったものは15個体中10個体であった。他の5個体は摂餌欲の低下や行動の異常等が認められ完成には至らなかった。



図1. ワモンフグの掌上での保持



図2. マンボウの水面保持

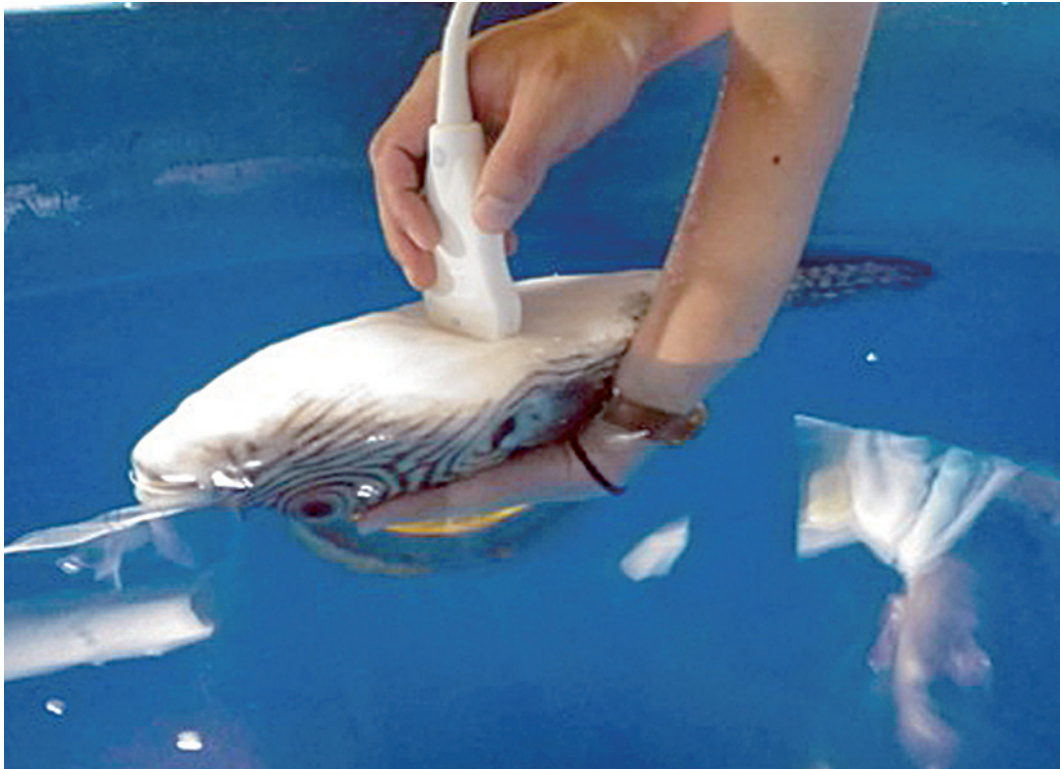


図3. ワモンフグの超音波検査

2. 応用トレーニング

2-1. 体重測定

ワモンフグに対して体重測定を試みた。計量容器は幅32cm、奥行き22cm、深さ12cmのカゴを使用し、飼育水槽内へ常時吊り下げて呈示した。順化が認められたら水中における計量容器内への誘導トレーニング(図4)、該当個体を収容した計量容器を水面上へ挙上するトレーニングへと順次移行した。水面上での挙上時間は1秒程度から始め、挙上時間を徐々に延長していき、体重測定に要すると予測される10秒間の挙上を目指した。水面上での挙上後は速やかに水中に戻して強化子を与えた。

計量容器への順化は一晩で完了し、水中に呈示した計量容器内への誘導トレーニングは、7セッションで完成した。その後、5セッションで水面上での10秒間の挙上を実施することができたため、当該個体を軽量容器ごと秤上に移動し、体重測定を行った(図5)。上述のトレーニング完了後、当該個体の体重測定に要する時間は約1分間であり、水面上に挙上する時間は5秒程度であった。



図4. ワモンフグの容器内への誘導トレーニング

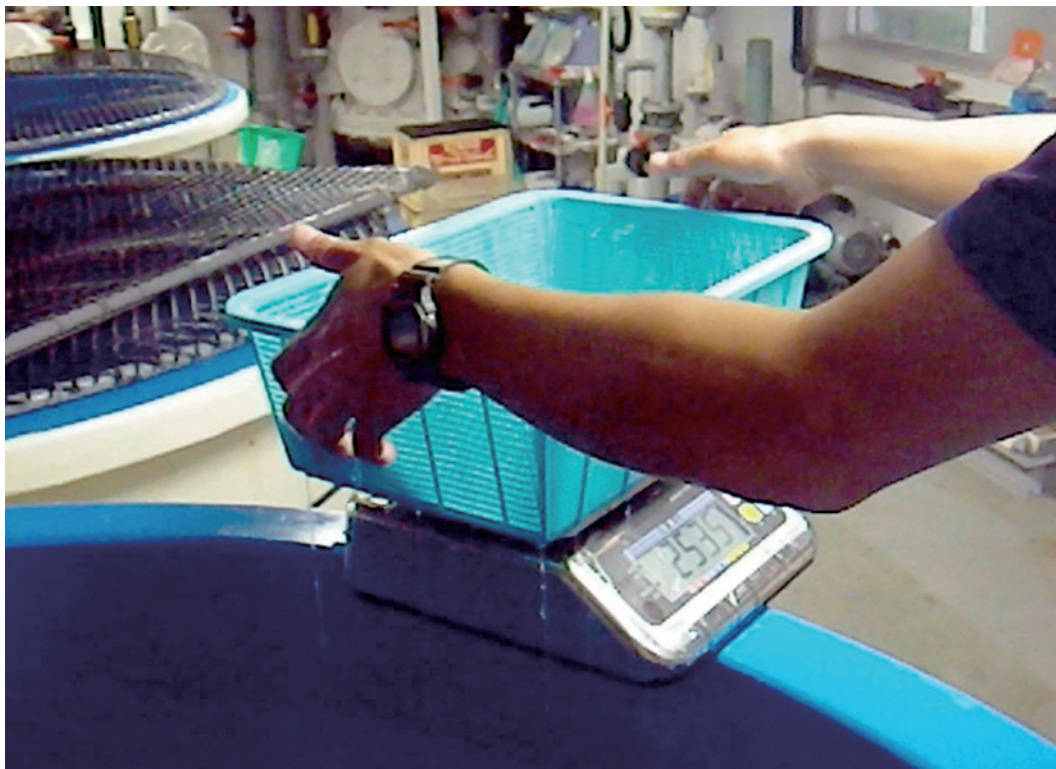


図5. ワモンフグの体重測定

2-2. 採血

ワモンフグとホシガレイに対して、採血を行うためのトレーニングを試みた。ワモンフグは伏臥位での保持から、側臥位に保持し直す拮抗条件付けを行った。側臥位での保持が安定するようになったら、尾柄部を指で軽く押して接触刺激への拮抗条件付けを行った。ホシガレイは始めから伏臥位での保持が可能であったため、基本トレーニングからすぐに尾柄部の接触刺激への拮抗条件付けに移行した。その後、両個体に対して30Gの細い注射針を用いて疼痛刺激への拮抗条件付けを行い、最終的には24G注射針を使用して採血を試みた(図6)。



図6. ホシガレイの採血

ワモンフグは尾柄部への接触刺激、及び針による疼痛刺激に対する抵抗が少なく、3セッションほどで完成に至った。しかし、ホシガレイはワモンフグと比較して疼痛刺激に対し過敏な反応を示したため、完成までには20セッションほどの時間を要した。採血トレーニング完了後は、採血を行うのに必要な時間は両個体共におよそ3分間であった。採血と同様のトレーニングを行うことにより、皮下及び筋肉内への薬物投与が可能となった。

2-3. 淡水浴

マンボウは体表に寄生する単生虫の報告がある(Kearn, 1963)。当館では、角膜に単生虫が寄生することで角膜炎を引き起こし、それにより視野が悪くなると、アクリルガラスや壁面を避けることができずに衝突し、体表を損傷することがしばしば見受けられる。単生虫症の治療として広く用いられる淡水浴(小川, 2012)の実施を検討したが、取り上げによる淡水浴は、生物および作業にあたるスタッフに対して多大な負荷となる。そこで、水

面で眼球のみに淡水浴を実施するためのトレーニングを試みた。基本トレーニング完成により、ダイバーによる水面での保持が可能となったので、水槽上部に貯水槽を設置し、貯水槽からサイフォンの原理を用いたシャワーで、飼育水と同水温の塩素を中和した淡水を眼球の上に注ぎ(図7)、片目が終了する毎に強化子を与えた(図8)。両眼球の淡水浴が完了後、保持していた手を離しリリースした。基本トレーニングを行った全個体で淡水浴が可能となった。完成までに要したセッションは、最短11セッション、最長47セッション、平均14.8セッションであった。

単生虫駆除のための淡水浴を実施する時間は、一般的に3-10分と報告されており(Noga, 2010)、当該個体の眼球への淡水浴も3分間実施することで、単生虫を駆除することが可能であった。各眼球に3分間淡水浴を実施するため、1回の治療に約8-10分間必要であった。また、水流をあてる刺激によりマンボウが眼球を反転させることで、淡水が眼球にかからなくなるため、シャワーからの流量や勢いを調整しながら作業を行うことで、確実に駆虫を行うことが可能となった。淡水浴は7-10日間おきに1回実施することで角膜炎の発症を抑制することができた。



図7. マンボウの眼球の淡水浴

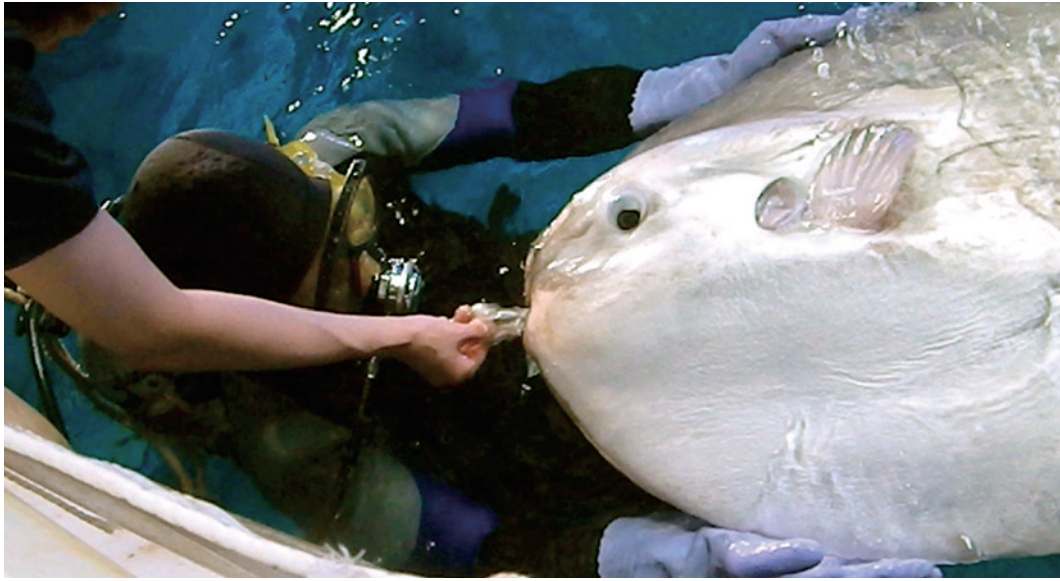


図8. マンボウの眼球の淡水浴後の強化

考察

一連の試みにより、硬骨魚類におけるハズバンダリートレーニングは容易に実施することができ、日ごろの診療や研究に十分に応用できることが示唆された。現在では多くの水族館で行われているイルカや鰐脚類のショーは、トレーニングを行うことで成り立っている。イルカに対するトレーニングは約80年前にアメリカのフロリダにオープンしたMarine Studios in Florida (現Marine land of Florida) で始まったとされている (Hurley et al., 2007)。岡崎 (2010) は、ハズバンダリートレーニングは、保定などによる動物への過度のストレスを軽減するとともに、疾病予防を目的とした健康管理に役立つ点で、飼育管理上きわめて高い有効性があり、また、動物の協力を得てトレーナーの制御の下で診療行為などを実施できるということは、飼育業務に携わる時間、そして最も重要な「動物と係員双方の安全」の両方が確保されることでもであると報告している。魚類についてのハズバンダリートレーニングの報告例は少ないものの、板鰓類に関しては、Sabalonesら (2004) によるコモリザメ *Ginglymostoma cirratum*、アカエイ属の一種 *Dasyatis americana*、オトメエイ属の一種 *Himantura schmardae* に対するハズバンダリートレーニングの報告がある。彼らは3種の板鰓類に対して、ストレッチャーへ誘導し、視診や計測、体表の傷の治療を行った。また、誘導した水中の台上でステーションングさせることで、定期的な超音波検査を実施することができ、さらには来場者がステーションしている板鰓類に触れることができる普及教育活動に利用している。当館においても、トレーニング下でのジンベエザメの採血 (Sodeyama et al., 2012) やトラフザメの採血、超音波検査、バイオブシー等 (竹内ら, 2011; Ito et al., 2012) が行われた。一方、硬骨魚類においては学習行動を用いて淡水魚が色覚を有することが明らかにされ (Douglas et al., 1990)、拮抗条件付けを用いた実験ではコイ *Cyprinus carpio* が聴覚を有することが示された (Chase and Hill, 1999)。ま

た、コイ科のGolden shiner *Notemigonus crysoleucas*の群衆行動の学習 (Hrolenko and Blanch, 2013) やメジナ *Girella punctata*を用いた弁別学習を基とした行動学的研究がなされてきた (吉田ら, 2005)。これらは、硬骨魚類の生理学的・行動学的研究を目的としたトレーニング理論の応用例である。しかしながら、硬骨魚類に対してハズバンダリートレーニングを試みた報告はなく、本報はその先駆けになると思われる。

野生下から導入される魚は一般的に強い警戒心を持っており、基本トレーニングで行ったトレーナーに対する拮抗条件付け、水面への誘導トレーニング、各種接触刺激の拮抗条件付けまでの一連の行程は、その後のトレーニング実施の有無に関わらず、日常的な飼育管理のために行われるべきである。本報において用いた3種の硬骨魚類は、飼育下でトレーナーの拮抗条件付けがし易く、接触刺激に対する拮抗条件付けへ移行するのも容易であった。今後はさらに試供魚を増やし、個体差による完成に至るまでの比較や、種ごとの特性を理解するよう努めたい。

ストレスはあらゆる動物に共通する生体反応であり、魚類などの水生生物にもヒトや陸上動物と同様の現象が認められている (若林, 2012)。魚類がストレスの作用を受けると、ホルモン分泌の亢進、浸透圧調整等の生理的反応や行動の変化、成長阻害、免疫機能の低下などが起きることが知られている (Bruce and Barton, 2002)。ストレスとしては、水温、振動などの物理的因子、病原微生物や寄生虫などの生物的因子のほか、社会的・精神的因子に相当するストレスとして過密飼育、取上げ、輸送などがあげられる (Bruce and Barton, 2002)。今回トレーニング下で実施できるようになった体重測定、採血、淡水浴などの検査・治療を、非トレーニング下で実施すれば、対象魚に対して保定のストレス、さらに検査自体による物理的・精神的ストレスも与えてしまう。健康管理のための検査・治療に伴うストレスを極力取り除くことは非常に重要であり、ハズバンダリートレーニングを用いることは、ストレスの軽減に有効であると考えられる。今後は、血中ストレスホルモンなどを用いて、非トレーニング下およびトレーニング下でのストレス状態の把握を試みたい。

ワモンフグ及びホシガレイで実施した採血や体重測定は、飼育下魚類の個体ごとの健康管理を行う上で重要な検査である。しかしながら、今回トレーニングを実施したワモンフグとホシガレイは、通常の飼育では、個体管理ではなく群管理を行うことが多い。今回の手法を個体管理が求められる大型のハタ科、ベラ科、アカメ科、ウツボ科などの種における検査へ応用することが期待される。そのためには、種数、個体数を増やし、トレーニング手法を検討する必要がある。また、硬骨魚類がストレスに晒されることで、血中のヘマトクリット、ヘモグロビン、白血球数、グルコース、乳酸、電解質、コルチゾルなどが変化する事が知られている (Martínez et al., 2009; Roche and Bogé, 1996; Nikoo et al., 2010)。大型種・小型種問わず、硬骨魚類を用いた生理学的研究においては、上述のトレーニングを用いることでストレスを与えずにデータを収集することが可能であり、正常な生理状態の把握に寄与すると考えられる。

上述の検査と同様に、大型硬骨魚類での治療も非常に困難である。今回大型種であるマンボウにおいて、ハズバンダリートレーニングを用いた単生虫の治療に成功した。マンボウは15個体にハズバンダリートレーニングを試みたところ、基本トレーニングが完成した10個体は応用トレーニングである眼球への淡水浴も実施できた。しかし、基本トレーニングが完成しなかった5個体は摂餌欲の低下や行動の異常等が認められた。これらの個体は、水槽搬入後すぐに異常が見受けられたことから、完成に至らなかった原因はトレーニング方法の問題によるものではなく、輸送時の負荷や個体ごとの健康状態によるものと推察される。ハズバンダリートレーニングにより、定期的な眼球への淡水浴が可能となり、マンボウおよび作業に当たる係員への危険性や負担は著しく軽減された。

前述の通り、硬骨魚類におけるハズバンダリートレーニングは、大型水槽で飼育しているために捕獲するのが困難な個体や、ハンドリングが難しい大型種、そして捕獲によるストレスがデータに影響を及ぼす可能性がある魚種を用いた研究においては非常に有効である。そして動物福祉上、飼育下魚類に対してハズバンダリートレーニングを積極的に行うことは重要であるため、今後はさらに様々な魚類に対して実施し、魚類の健康管理や研究に役立てていきたい。

謝辞

本研究並びに本稿作成に至るまで様々な協力を頂いた、海遊館スタッフ諸氏に感謝の意を表す。

引用文献

岡崎哲也. 2010. トレーニング. *In* 新飼育ハンドブック 水族館編 5 (日本動物園水族館協会飼育ハンドブック編集委員会編). 123-126pp. 日本動物園水族館協会. 東京.

小川和夫. 2012. 寄生虫病. *In* 改定・魚病学概論 (小川和夫, 室賀清邦編). 108-122pp. 厚生閣恒星社. 東京.

鈴木讓・植松一眞・渡部終五・会田勝美. 2002. 総論. *In* 魚類生理学の基礎 (会田勝美編). 25-26pp. 恒星社厚生閣. 東京.

竹内慧・伊東隆臣・北谷佳万. 2011. トラフザメにおける tonic immobility および採血のためのハズバンダリートレーニングについて. *動物園水族館雑誌* Vol. 52 (1). 22-23pp. 日本動物園水族館協会.

吉田将之・森吉健太・黒田昭仁・藤本隆俊・国吉久人・海野徹也. 2005. メジナにおける色覚に関する電気生理学的・行動学的検討. *魚類学雑誌*. Vol. 52(2). 141-145pp. 日本魚類学会.

若林久嗣. 2012. 環境性疾病およびストレス. *In* 改定・魚病学概論 (小川和夫, 室賀清邦編). 131-134pp. 厚生閣恒星社. 東京.

Bruce A and Barton. 2002. Stress in Fishes: A Diversity of Responses with Particular

Reference to Changes in Circulating Corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology*. Vol. 42. 517-525pp.

Chase AR and Hill W. 1999. Reliable Operant Apparatus for Fish: Audio Stimulus Generator, Response Button, and Pellet-dispensing Nipple. *Behavior Research Methods*. Vol. 31(3). 470-478pp.

Douglas RH and Hawrysyn. 1990. Behavioral Studies of Fish Vision: Analysis of Visual Capabilities. *In The Visual System of Fish*. (Douglas RH and Djamgoz M eds). Chapman and Hall. London. 373-418pp.

Hrolenko B and Blanch T. 2013. Learning Schooling Behavior from Observation. ECAL-General Track. Georgia Institute of Technology. 686-691pp.

Hurley W, Messinger C, Rosenberg T and Roberts K. 2007. Tracing your roots: Meet Arthur McBride. Proceedings of the 35th Annual International Marine Animal Trainers Association Conference. 13pp.

Ito T, Sodeyama S, Takeuchi S, Onda K, Obata H and Nishida K. 2012. Fish Health Management by Husbandry Training. Proceedings of 63rd International Aquarium Congress Conference. 40pp.

Kearn GC. 1963. The Oncomiracidium of *Capsala martinieri*, a Monogenean Parasite of the Sun fish. *Parasitology*. Vol. 53. Cambridge University Press 1963. 449-453pp.

Martínez - Porchas M, Martínez - Córdoba LR and Ramos - Enriquez R. 2009. Cortisol and Glucose: Reliable indicators of fish stress? *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. Vol. 4(2). 158-178pp.

Nikoo M, Falahatkar B, Alekhorshid M, Nematdost B, Asadollahpour A, Zarei M and Faghani H. 2010. Physiological Stress Responses in Kutum *Rutilus Frisii* Kutum Subjected to Captivity. *Inter Aqua Res*. Vol. 2. 55-60pp.

Noga EJ. 2010. Pharmacopoeia *In Fish Disease: Diagnosis and Treatment, 2nd Edition*. Mosby-Year Book Inc. St Louis. 375-420pp.

Roche H and Bogé G. 1996. Fish Blood Parameters as a Potential Tool for Identification of Stress Caused by Environmental Factors and Chemical Intoxication. *Marine Env Res*. Vol. 41. 27-43pp.

Sabalones J, Walters H and Rueda CAB. 2004. Learning and ehavioral Enrichment in Elasmobranchs. *In The Elasmobranch Husbandry Manual: Captive Care of Sharks, Rays and their Relatives* (Smith M, Warmolts D, Thoney D and Hueter R eds). Ohio Biological Survey. Columbus. 169-182pp.

Sodeyama S, Ito T, Kitadani K and Obata H. 2012. The Blood Drawing of Whale shark by Husbandry Training. Proceedings of 40th Annual International Marine Animal Trainers Association Conference. 35pp.

水族館で学ぶ鰭の話

北藤真人

大阪・海遊館

Learning about Fish Fins at Aquarium

Masato Kitafuji

Osaka Aquarium Kaiyukan

はじめに

当館では、平成26年4月25日から平成27年4月5日(予定)まで「ヒレのヒミツ～スイマーたちの華麗な物語～」と題した企画展を開催し、様々な水生動物の「鰭」に注目しています。

動物は主に餌の探索や敵からの逃避、繁殖などを行うために移動しますが、魚類の移動手段としての遊泳には鰭が大きく関わります。地球上のあらゆる水域に進出し種分化した魚類の鰭は、形態的・機能的に様々な様式が見られ、遊泳法も多様です。一方、3億数千万年前に魚類の対鰭(胸鰭と腹鰭)が前肢と後肢に変化し、四足動物である両生類・爬虫類・鳥類・哺乳類、そして私たちヒトへと進化しました。また、陸生四足動物であった哺乳類が再び水中生活をするようになり、肢を鰭に変えた例がイルカやアシカ・アザラシ、ジュゴンなどの水生適応した動物たちです。

水族館は、水槽内という制約はありますが、魚類だけでなく様々な水生適応した動物の多様な形態や行動を観察しながら、鰭の役割や進化のドラマを理解するのに役立つ絶好の場所です。今回は紙面の都合上、魚類の鰭のエピソードを中心に「水族館で学ぶ鰭の話」をしたいと思います。

Introduction

The Osaka Aquarium Kaiyukan has organized a special exhibit titled "The Secret of Fins: Amazing Story of Swimmers" from April 25th, 2014 through April 5th, 2015, focusing on fins of various types of aquatic species.

The species in the animal kingdom travel for many reasons: to search for food, to escape from predators, and to migrate for breeding. For fish, fins play an important function as a means of migration. As fish species have expended their habitat across the planet, they have speciated naturally and developed different types of fins according to each environment. Fish fins are diverse in terms of morphology and function, and so are their swimming style. Over a long period of time, paired fins (i.e. pectoral fin and pelvic fin) of fish more than 300 million years ago had gradually changed into forelimbs and hindlimbs; then slowly developed into tetrapods such as amphibians, reptiles, birds, and mammals; and eventually evolved to become human beings. When some terrestrial mammal came back to live in the water again, their limbs changed forms to become fins again. These mammals are now known as marine animals like

dolphins, seals, sea lions, and dugongs.

Aquarium is a perfect place to learn about morphology and behavior of various aquatic species, including fish and marine mammals. It also helps understanding the roles of fins and its dramatic evolving process. This report focuses on the stories about fish fins at aquarium featuring some behind-the-scene episodes.

鰭のはじまりと「鰭ヒダ説」

地球上に初めて現れた背骨を持つ動物は魚類であり、今から約5億数千万年前と言われます。初期の鰭の形態や機能は化石記録や現生種から推測するしかありませんが、1999年に中国雲南省でShuらの研究チームが発見した最古の化石魚類（無顎類のミロクンミンギア *Myllokunmingia fengjiao* など）から、当時の様子が少しずつ分かってきました。

ミロクンミンギアには体側に筋節を思わせる構造があり、背鰭と左右1対の鰭ヒダ (fin-fold) があることが確認できました (図1)。彼らは背骨を支柱にして、付随する筋肉を使い体を左右に蛇行させて泳いでいたと想像されます。この時、鰭は体の安定に役立っていたと考えられます。また、興味深いのはずっと後に四肢動物の肢につながる対鰭がこの時すでに現れていた事です。ただし化石記録では、胸鰭・腹鰭の2対ではなく1対の鰭ヒダです。この鰭ヒダと胸鰭・腹鰭を結びつけるのが「鰭ヒダ説」(fin fold theory) です。多くの現生魚類では、仔魚期に背から尾を経て腹側まで正中線に沿った鰭膜があり、やがて背鰭・尾鰭・尻鰭に分離します。「鰭ヒダ説」の考え方では対鰭についても図2aのような1対の鰭ヒダを持つ初期の魚類を想定し、間が抜けることで図2bのように胸鰭と腹鰭が出来たと考えます。この鰭ヒダ説は、発生学などの研究から支持されてきましたが、実際に鰭ヒダを持つミロクンミンギアの化石が発見されたことにより、さらに有力視されるようになりました。(米井ら, 2000)。

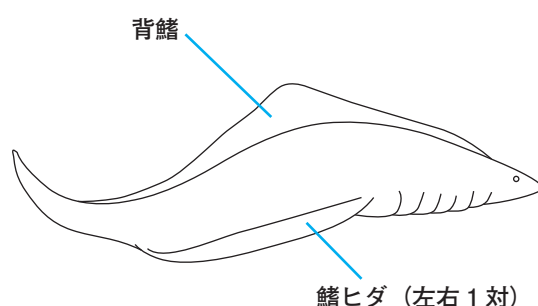


図1. ミロクンミンギア *Myllokunmingia fengjiao* の想像図

5億数千万年前のカンブリア紀前期の地層から発見された最古の化石魚類の頭部先端には口とその後方に5から6個の鰓嚢がある。また、背鰭と1対の鰭ヒダがある。大きさは約3cm。

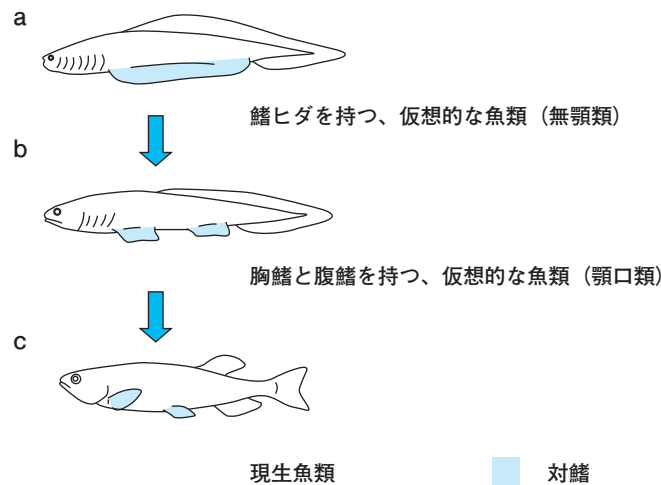


図2. 鰭ヒダ説による対鰭の変化を示す概念図

魚類の泳ぎ

魚類の一般的な遊泳法は、^{たいかん}体幹とその延長上にある尾鰭を使う事です。特にウナギのような細長い筒型の魚類では体全体を左右に蛇行させますが、高速遊泳するマグロの仲間などでは、尾部と尾鰭を左右に振動させます。(図3-1,3)。この基本的な遊泳法に胸鰭や腹鰭による操縦性や安定性を加えることで、より多様な遊泳を可能にしています。

以下に当館の水槽内で観察された例を基に、いくつかの遊泳法を紹介します。なお、以後の表記で対鰭とは胸鰭と腹鰭を、^{せいちゆうぎ}正中鰭は背鰭・尻鰭・尾鰭を指します。

1. マダイの泳ぎ

マダイは海の岩礁域やその周辺に生息します。このような場所では、複雑に入り組んだ地形を利用する操縦性に優れた遊泳が必要です。水槽で観察したマダイの泳ぎを基本的な4パターンに分けてみると以下の通りです。

－前進－

体の後半と尾鰭を左右に振って^{すいしんりょく}推進力を得る(図3-2)。他の鰭はたたんで体にぴったりつけ、抵抗を少なくする。

－停止－

対鰭を大きく広げブレーキをかける。その後、胸鰭をあおるように動かし後退することもある。

－方向転換－

左右どちらかの対鰭を広げて舵をきる。正中鰭は広げて横揺れを防ぐ。

－上昇・下降－

胸鰭を水平尾翼のように広げ、角度を変えることで発生する^{ようりょく}揚力を利用する。

実際には胴の動きやパターン^{うんどうせいぎょ}の組み合わせによる複雑な行動を見せますが、対鰭を左右独立にコントロールして運動制御していることが注目されます。この運動制御が、より操縦性能を高めています。このようなマダイの遊泳法は、岩礁や藻場^{もぼ}、サンゴ礁など複雑な地形を利用する他の魚類にも広く見られます。

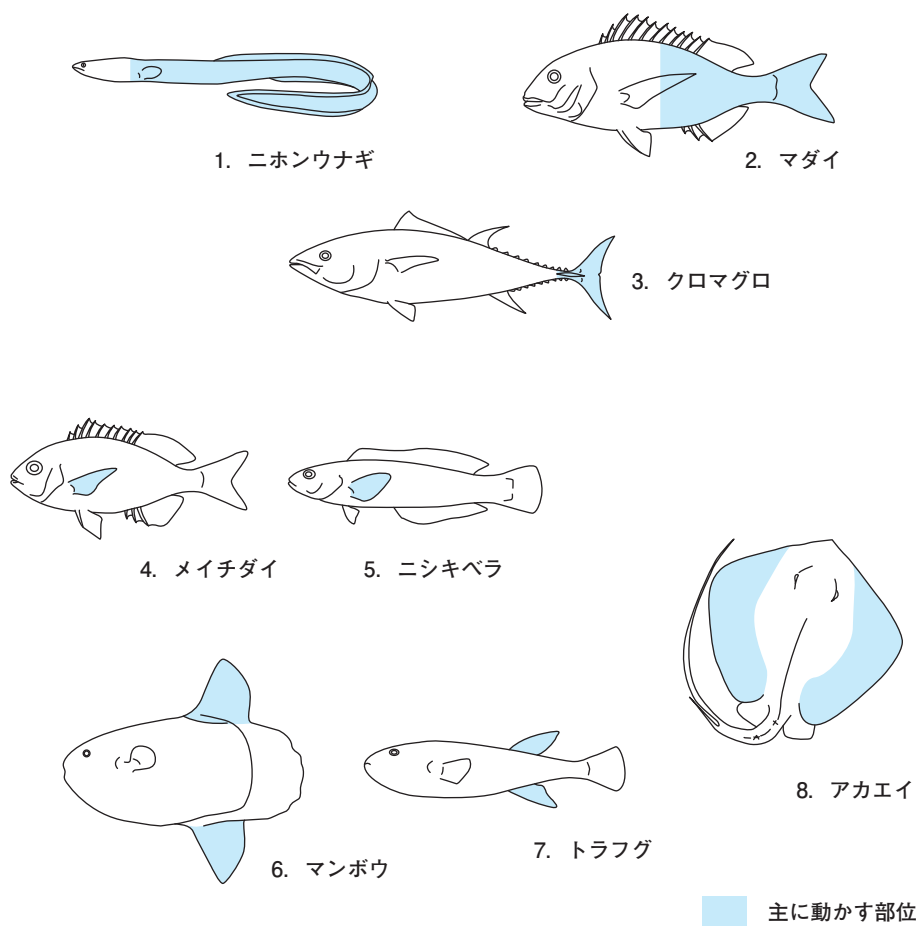


図3. 魚類が前進する時に動かす主要部位とその動かし方

1. ニホンウナギ：ほぼ全身を左右に蛇行させる。
2. マダイ：体の後半と尾鰭を左右に振る。
3. クロマグロ：尾鰭とその付け根を左右に振る。
4. メイチダイ：胸鰭を上下に羽ばたかせる。
5. ニシキベラ：胸鰭を上下に羽ばたかせる。
6. マンボウ：背鰭と尻鰭を左右同時に振る。
7. トラフグ：背鰭と尻鰭を左右同時に振る。
8. アカエイ：胸鰭を上下に波打たせる。

2. メイチダイの泳ぎ

メイチダイはタイと名が付きますが、分類学的にはマダイが属するタイ科ではなく近縁のフエフキダイ科に属します。両種を比較すると体型や鱗はそっくりで共に岩礁域に生息します。ところが、ほぼ同じ大きさのマダイとメイチダイの前進運動を比較すると、メイチダイはマダイのような体の後半と尾鰭を振る遊泳法（以後、マダイ型）ではなく、左右の胸鰭を上下に羽ばたかせる遊泳法（以後、羽ばたき型）です。（図3-4）。両種のように、形態や生態が類似し、近縁な魚類の泳ぎが決定的に違うのは不思議です。

他に羽ばたき型の魚類は、ハタンポ科やスズメダイ科、ベラ科（図3-5）などにも見られます。しかし、メイチダイを含め彼らの泳ぎをよく観察すると、普段は羽ばたき型遊泳ですが、緊急時に素早く移動する時に限りマダイ型遊泳になっています。そこで、他の魚類も注意して観察すると、上記の例とは逆にマダイ型遊泳が主で、羽ばたき型遊泳をうまく組み合わせて用いるケースも多い事がわかりました。一般的に岩礁域などの閉鎖的な空間では推進効率の良いマダイ型遊泳より、ゆっくりと泳げる羽ばたき型遊泳が都合よく、方向転換の動作にも移り易いことが想像されます。案外「マダイ型」と「羽ばたき型」を臨機応変に使い分ける魚類が多い一方で、複雑な地形に依存し、あまり移動しない生活をする魚類ほど対鰭の操縦性能を生かした羽ばたき型遊泳が固定化され、メイチダイのような羽ばたき型中心の魚類が出現したのかもしれませんが。

しかし、深海の開放的空間で見つかるギンザメ類が大きな胸鰭を羽ばたかせて泳いでいる例もあります。魚類の遊泳法は、その種の生理・生態はもちろん、体型や大きさ、鰭の位置などによる流体力学的要因、系統や遺伝的要因に関連したものです。マダイとメイチダイの遊泳法の違いも、この様な複数の要因を重ね合わせて検討する必要があるようです。

3. マグロ類の泳ぎ

高速遊泳を行うマグロ類（ここではサバ科マグロ属魚類を指す）の遊泳速度に関しては正確な計測データが少ないものの、目安としては全長約2mのマグロ類の場合、瞬間的な突進速度は最大時速約100km、疲労しないで泳ぎ続ける事ができる最大の速度は時速約30kmです（阿部, 2009）。しかし、バイオロギングによる研究で、体重約250kgのクロマグロの平均時速は7kmであることがわかりました（渡辺, 2014）。優れた高速スイマーであるマグロ類も、普段はエネルギーを節約した低速で泳いでいるようです。ちなみに時速7kmとは、オリンピックの水泳競技で100m自由形を泳ぐ選手とほぼ同じ速さです。

実際に水槽のクロマグロを観察すると、非常にゆったりとした泳ぎをしているのがわかります。しかし、イカなどの切り身を餌として与えると、急に尾鰭を激しく左右に振り、猛スピードで突進して摂餌します。この時、体が流線型で第1背鰭と対鰭を体にできた溝や窪みに収納した彼らの姿はまるで弾丸のようです（図4）。しかし、水槽という閉鎖空間では壁に衝突してしまうため、鰭を使った制御が必要です。まず尾鰭の動きを止め、胸鰭を水平尾翼のように広げることでブレーキをかけ、発生する揚力で上昇しながら腹鰭も広

げ、大きく旋回して再度餌場へと戻ります。しかし、給餌中には稀ですが突発的に起こるなんらかの刺激に反応し、猛スピードで壁に衝突してしまう事があります。衝突死した個体のレントゲン写真を見ると、多くの例で脊椎骨の脱臼や骨折、神経頭蓋の骨折が見られ、衝撃のすさまじさが想像されます。マグロ類は障害物のない外洋で高速遊泳に特化したため、閉鎖空間では衝突回避が間に合わない場合が多いようです。

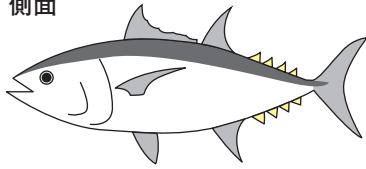
次にマグロ類の遊泳法と高速遊泳への適応を見てみましょう。マグロ類の高速遊泳の駆動力は、尾鰭とその付け根付近を左右に強力に振る運動(図3-3)によって生み出されます。そして尾部や尾鰭には高速遊泳に対して適応的な形態が以下のように見られます。

- ・三日月型の深く二又した尾鰭は水の抵抗を減らし、推進効率が良い。ただし欠点として、舵をきるような操縦性能は低い(図5a)。
- ・尾骨の一部は互いに癒合して1枚の板のようになる。この部分に硬くなった鰭条が深く差し込まれ、激しい運動にも耐える剛体性が生まれる(図5b)。
- ・細くなった尾柄にはキールが発達し、尾柄を補強するとともに抵抗を少なくしている。さらに水平尾翼に似た働きで、揚力を生み出す(図5c)。
- ・尾部には小離鰭と呼ばれる特殊な鰭が並んでいる(図5d)。整流板の働きがあり、抵抗を増す乱流の発生を抑えようと考えられる。

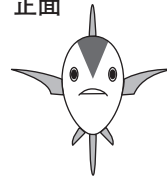
また、生理面では尾鰭の強力な運動を維持するエネルギー供給が重要です。マグロ類は、深部体温を周りの海水より数℃から十℃前後も高く保つ仕組みがあり、代謝速度を速め、車に例えると常に暖気状態を維持して活発な運動を可能にしています。しかし大量のエネルギー供給には多くの酸素を使い、泳ぎながら口を開け呼吸水を鰓に送る必要があるマグロ類は、泳ぎ続けなければ窒息してしまうのです。広い外洋で高速遊泳に特化したマグロ類は、もはや泳ぎ続けるしかない宿命を背負ってしまったとも言えます。

およ とき
ゆっくり泳ぐ時

そくめん
側面

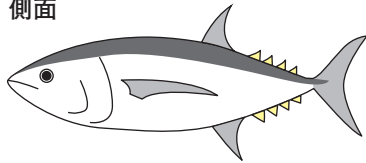


しょうめん
正面



こうそくゆうえい とき
高速遊泳する時

そくめん
側面



しょうめん
正面

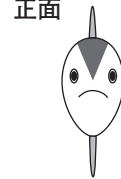


図4. マグロ類が、ゆっくり泳ぐ時とスピードを出す時の違い

図中の「ゆっくり泳ぐ時」とは、数時間継続する持続的な遊泳を指し、「高速遊泳する時」とは、数秒間の瞬間的にみせる突進速度での遊泳を指す。高速遊泳する時には、第1背鰭を体の溝に、胸鰭と腹鰭は体の窪みに収納し、開けていた口は閉じる。

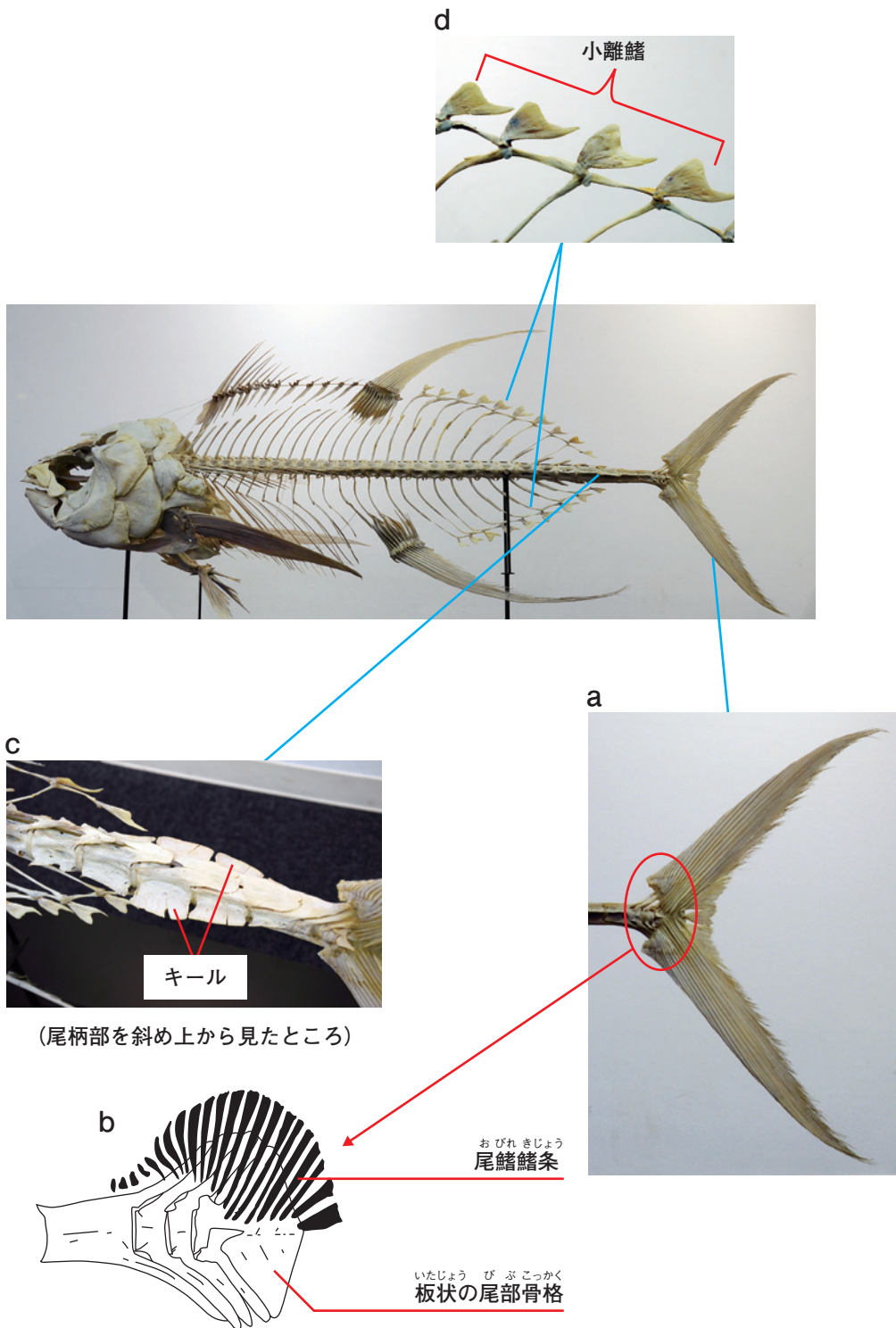


図5. マグロ類の尾鳍と尾部的特徴

写真はキハダの骨格。 b図は、中村 泉 (1993) より一部改変して使用。

4.マンボウの泳ぎ

ユニークな体型をしたマンボウには、一般的に魚類が持つ鰭が2つ欠けています。それは腹鰭と尾鰭です。マンボウは分類学的にはマンボウ科に属し、トラフグなどのフグ科やハリセンボンなどのハリセンボン科に近縁と考えられています。マンボウに腹鰭が無いのは、フグ科やハリセンボン科のフグと共通ですが、尾鰭を欠いているのはマンボウ科の特徴です。マンボウの骨格を見ると体の後端にあるのは背鰭と尻鰭の要素がつながったものであることが分かり、この鰭は舵をきるための^{かじひれ}舵鰭と呼ばれます(図6)。

マンボウのユニークさはその遊泳法にも現われています。一般的に魚類が前進する時には体と尾鰭を左右相称に動かしますが、マンボウの体は厚い皮下組織に覆われ体を左右に動かすことはできません。また、左右に動かすための^{たいそくきん}体側筋(普通お造り)で食べる部分も発達していません。その代りマンボウの皮下には背鰭と尻鰭を動かす筋肉が非常に良く発達し、この筋肉で背鰭と尻鰭を左右同時に振って推進力を得ているのです。この遊泳法はフグ科などの近縁種にも見られます(図3-6,7)。また、のんびり屋のイメージがあるマンボウですが、バイオロギングによる研究では、平均遊泳速度は0.4-0.7m/秒(1.4-2.5km/時)ですが、瞬間的には2.4m/秒(8.6km/時)を記録しています(佐藤, 2011)。

水槽観察でも普段はゆっくりと泳いでいますが、急に突進して障害物に衝突したり、水面から勢い良くジャンプしてしまふことがあります。これはマンボウが飼育しにくい理由の一つで、水槽の壁には^{かんしょうざい}緩衝材として透明フェンスが張られ、水槽上部の足場や照明器具をできるだけ水面より高く設置するなどの衝突対策がとられます。一方、マンボウは水槽内で胸鰭や舵鰭を巧みに使った^{かじき}速度調整や舵切りを頻繁に行い、胸鰭を広げて揚力も利用しているようです。ただし、体の柔軟性に乏しく、大きな体は慣性力も大きいため急停止や小回りがきかず、水槽内ではフェンスに突っ込んでしまうこともあります。

マンボウの生態に関してはまだ不明な点が多いのですが、^{くろしお}黒潮や^{つしまだんりゅう}対馬暖流の影響を受けた広い海域を回遊していることや、中には回遊せず^{ねつきぐん}根付群として一定の海域に留まる個体もいることが分かってきました(山野上・澤井, 2012)。また、マンボウが水面付近から最大で水深100mまでの間を何度も上下運動していることも分かりました(佐藤, 2011)。閉鎖的な水槽内での行動がどれだけ生態を反映しているのかは不明ですが、水槽内でみられたマンボウの突進や操縦性に関する特徴は、自然界での餌生物を効率良く捕食するための適応的な理由があるのかもしれませんが、マンボウは水族館の人気者ですが、魚類一般からかけ離れたユニークな形の理由や生態は明らかにはなっていないのです。

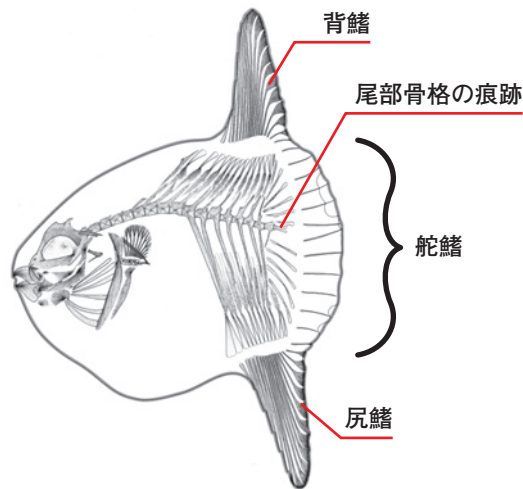


図6. マンボウの骨格

図は、以布利黒潮の魚2001. より一部改変して使用。

鰭から四肢へ

四肢動物の前肢・後肢が魚類の対鰭に相当することは、四肢と対鰭の発生過程に形態や分子レベルで多くの共通点が見出せることで明らかです(米田ら, 2000)。また、実際に過去に起こった鰭から肢への変化の過程は、古生物学的研究などから徐々に明らかとなっています。

現在、魚類の中で最も四肢動物に近いとされるのが肉鰭類^{にくきりい}というグループです。私たちが普段良く目にするマダイなどでは、対鰭の付け根に少しの骨要素があるだけです(図7a)が、肉鰭類の対鰭では骨のパーツが体から外側へ向かってつながり、その先に鰭の葉状部^{ようじょうぶ}があります。骨がつながる部分には筋肉が付き、このような鰭^{にくき}を肉鰭と呼びます(図7b)。2004年に発見されたティクターリク *Tiktaalik roseae* と名付けられた約3億7500万年前の肉鰭類の化石から、四肢動物への過渡期を示す様々な形質が発見され注目されています。対鰭に関しては、胸鰭には前肢^{じょうわんこつ}の上腕骨・橈骨^{とうこつ}・尺骨^{しゃこつ}に相当する骨と肘の関節、手首の関節が確認でき、その先に鰭条が付いていました。恐らく、肘と手首の関節を使い水中で腕立て伏せのような動作が出来たと想像されています(Shubin, 2013)。また、骨盤^{こつばん}やそれに関節^{だいたいこつ}する大腿骨が見つかり、腹鰭にはすでに後肢の機能が備わっていた可能性が示唆されました(Shubin et al., 2014)。ティクターリクの生息地は水際の浅瀬で、干潟のような環境であったと考えられ(Shubin, 2013)、関節構造のある手足のような肉鰭を巧みに使い、障害物をかきわけたり水底をしっかりとらえ移動し、時には水面に顔を出していたのかもしれませんが。現在ではティクターリクのような肉鰭類が、アカントステガのような初期の四肢動物への橋渡しとなった可能性が示唆されています(Ahlberg et al., 2006)(図8)。しかし、指のある四肢の起源や歩行の起源、陸生生活の起源などは謎に包まれたままです。

肉鱗類は古生代や中生代には多くの種類がいましたが、現在では、^{はいぎょるい}肺魚類とシーラカンス類だけが生き残っています。2013年に東京工業大学などが行った^{いでんしかいせき}遺伝子解析により、タンザニア産シーラカンスの遺伝子には魚類タイプのもものと四肢動物タイプのもものが含まれることが明らかとなり、肉鱗類から四肢動物が出現した強い証拠となりました。ただし、シーラカンス類は上陸の過程にあった肉鱗類の系統とは別に、水中で繁栄したグループであり、現生種は深海へと移動していったものの子孫です。

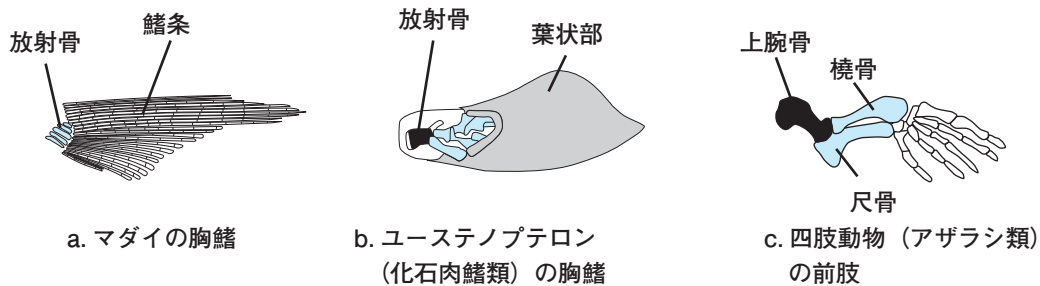


図7. 胸鰭と前肢の比較

現生魚類のマダイでは、胸鰭の付根に小さな^{ほうしやくこつ}放射骨が平行に数個並ぶ(a)。約3億数千万年前の化石肉鱗類ユーステノプテロンの胸鰭には、付け根から外側に向け多くの放射骨がつながり、その先に鰭の葉状部がある(b)。一方、四肢動物の前肢には上腕骨・橈骨・尺骨とその先に手首や指の骨が形成される(c)。肉鱭の基部から出る1本の放射骨とそれに関節する2本の放射骨(色付けした部分)は四肢動物のそれぞれ上腕骨・橈骨・尺骨に類似性が確認できる。

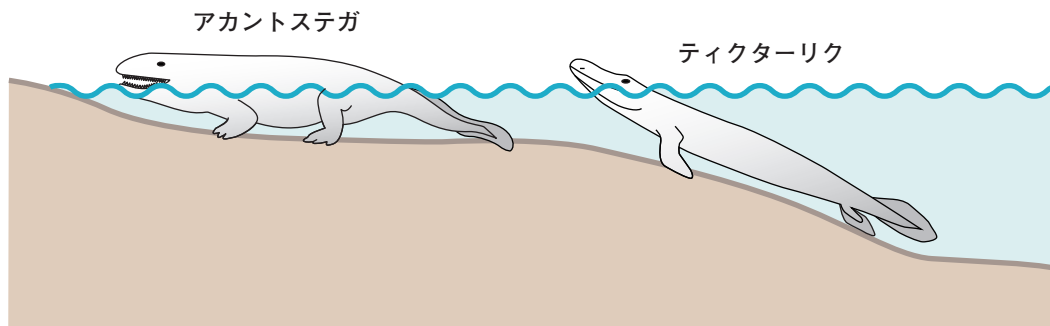


図8. 魚類から四肢動物への移行過程の想像図

左は初期の四肢動物とされるアカントステガ。右は四肢動物への移行過程にある肉鱗類のティクターリク。アカントステガの四肢には指が形成され、水かきが付いていたと思われ、尾部には鰭があった。四肢の骨格は陸上で体を支えられるような構造ではなく、初期の四肢動物であるアカントステガは水中生活をしていたと考えられる。したがって指のある肢は陸上を歩くためではなく、水中生活に必要であったと考えられている(Clack, 2004)。その前段階として、肘や手首のような関節構造をもつ対鰭を使い、浅瀬の干潟を動き回っていた可能性のあるティクターリクがいたことが明らかになりつつある。

まとめ

今回は、「水族館で学ぶ鰭の話」として当館の魚類の例を中心にお話してきました。しかし、まだ紹介しきれない鰭の話題も多くあります。例えば、鰭は遊泳器官としてだけでなく、別の用途にも使われています。腹鰭を吸盤に変えたハゼの仲間、大きな胸鰭を広げて滑空するトビウオの仲間、究極的には全く鰭を持たないゴマウミヘビの仲間などもあります。また、サメやエイなど軟骨魚類なんこつぎょるいの鰭の構造や遊泳法は、マダイなどの硬骨魚類こうこつぎょるいとは少し違っており、本誌で連載中の「やわらかい骨を持つ魚の話（軟骨魚類博物誌）」の中で触れられています。

魚類が四肢動物に進化する過程で、対鰭が四肢に変化したことにも触れました。5億数千万年前の最古の化石魚類として知られるミロクンミンギアに備わっていた1対の鰭ヒダしよげんてきが、現生魚類の対鰭の初原的な形と考えられます。この鰭ヒダは体の安定に役立つことは容易に想像されますが、運動を制御するような操縦性はなかったように思われます。ミロクンミンギアが出現して約2億年ほど経った頃、水際の浅瀬にすんでいた魚類であるティクターリクの対鰭は、四肢動物の肢に近い骨や関節を備えた肉鰭に変化していました。このような肉鰭類が水中からの「脱出組」となり、初期の四肢動物へとつながったことは想像に難くありません。現在の海には、「脱出組」の遠縁にあたるシーラカンス類が生き残っています。シーラカンス類は、上陸過程にあった当時の肉鰭類の様子を知る手がかりを今に伝える大変貴重な存在です。シーラカンス類の研究は、四肢、ひいては我々ヒトの手足の起源を解き明かしてくれるかもしれません。一方、水中に残った「居残り組」の魚類は、絶滅と進化を繰り返し現在では約3万種を数えるほど繁栄しています。この繁栄の理由の一つには鰭や遊泳法が関係し、彼らが様々な水中環境でより効果的な運動性を身に付けていったことにあると考えられます。

今回紹介した遊泳法は、水槽での観察例をもとに紹介していますので、自然界での遊泳法が同じであるとは限りません。しかし、彼らの持つ遊泳能力の一端を現していることも確かです。また、水槽内の魚類の仕草をじっと観察していると、思いがけないシーンにも出会います。例えば、ロウニンアジかゆという大型のアジの仲間を見ていると、比較的長い胸鰭で、まるで人が痒い時に背中を搔くように体を擦っていることがあります。その意味はよく解りませんが、ロウニンアジの胸鰭の可動域かどういきが広い事や人の腕のような器用な使い方に関心します。こんな行動を見ていると我々の手足と魚類の対鰭がどこかでつながっていることを感じます。もしかすると、数億年後には胸鰭で物をつかんだり移動させる魚類が現れているかもしれません！

以上、水族館でスイマーたちの「鰭」の活用術を学び、「鰭」に自分の手足を重ねあわせ、数億年の進化や未来に思いをはせてみてはいかがでしょうか？

謝辞

本稿は、企画展「ヒレのヒミツ～スイマーたちの華麗な物語～」の内容に新たな話題も加え、短くまとめたものです。この場を借り、本企画展で標本の借用や資料提供でお世話になった、アクアマリンふくしま、神戸市立須磨海浜水族園、大分マリーナパレス水族館「うみたまご」、大阪市立自然史博物館の皆様、ならびに写真をご提供いただいた皆様に厚く感謝申し上げます。

参考文献

- D-G.Shu,et al. 1999. Lower Cambrian vertebrates from south China. Nature Vol 402
- 米井小百合/田村宏. 2000. 脊椎動物の四肢の発生, 形態, その進化. 蛋白質 核酸 酵素. Vol.45 .No.4.
- 中坊徹次. 2013. 日本産魚類検索 全種の同定 第三版. 東海大学出版会.
- 阿部宏喜. 2009. カツオ・マグロのひみつ. 恒星社厚生閣.
- 渡辺佑基. 2014. ペンギンが教えてくれた物理のはなし. 河出書房新社.
- 中村 泉. 1993. サバ型魚類学入門⑰尾鰭の構造. 海洋と生物86 (vol.15 no.3).
- 塚本 勝巳. 1993. 魚類の遊泳運動：水中への適応. 比較生理生化学Vol.10 No.4.
- 中坊徹次・町田吉彦・山岡耕作・西田清徳編. 2001. 以布利 黒潮の魚 ジンベエザメからマンボウまで. 大阪海遊館.
- 佐藤克文. 2011. 巨大翼竜は飛べたのか. 平凡社新書.
- 松浦啓一編. 2012. マンボウ研究最前線－分類と生態そして生物地理. 山野上祐介・澤井悦郎. 黒潮の魚たち:165-182pp. 東海大学出版会.
- ニール・シュービン. 2013. ヒトのなかの魚、魚のなかのヒト. 早川書房.
- Shubin et al. 2014. Pelvic girdle and fin of *Tiktaalik roseae*. PNAS 2014 vol.111.no3.
- Per Erik Ahlberg and Jennifer A.Clack 2006. A firm step from water to land. Nature Vol 440.
- ジェニファ・クラック. 2004. 足のはじまり－上陸への試行錯誤－. NHKスペシャル地球大進化3. 日本放送文化協会.
- ホームページ「岡田研究室」www.fais.or.jp/okada/okada-past/research/coelacanth/

やわらかい骨を持つ魚の話 (軟骨魚類博物誌)【6】

西田清徳

大阪・海遊館

Natural history of Chondrichthyes【6】

Kiyonori Nishida

Osaka Aquarium Kaiyukan

はじめに

今回は、「やわらかい骨を持つ魚 (軟骨魚類)」の主に生活場所を紹介します。皆さまはサメやエイ、ギンザメの仲間と言え、どんな生活環境を連想されますか？普通は、海の中を悠々と泳ぎ続ける姿を思い浮かべる方が多いはず。ところが、サメやエイには湖や川など淡水域に棲む仲間もいるのです。さらに、一言で「海」と言っても、水深2,000mを超える深海に生息するギンザメの仲間も多く、氷山が浮かぶ冷たい海を泳ぐサメの仲間、普段は泳がずに海底の砂や泥に身を隠して餌を待つエイの仲間もいます。

地球上には多様な生息環境が存在しますが、詳しく説明すれば、あまりにも複雑で紙面が足りない、本稿では「やわらかい骨を持つ魚」の生活に関わる環境だけを、著者なりに区分して、そこで彼らがどのような生活を送っているのかを紹介したいと思います。

Introduction

In this part of the series articles, I would like to introduce the habitat of Chondrichthyes, fishes with soft bones (cartilages) such as sharks, rays and chimaera species. What type of environment would they be living in? A common picture that comes to your mind would be these species constantly swimming grandly in the ocean; however, some are found in the freshwater area, too, including lakes and rivers. Besides, there are a variety of areas in the ocean. Some chimaera species occur at depths of 2,000 meters or more while some shark species swim in the icy cold water where iceberg is observed. Some ray species just stay still on the sea bottom hiding themselves in the sand or mud and wait for food.

After all, habitat on this planet is diverse and thus complicated: It would require hundreds of pages to be fully explained. So in this article, I would like to focus on the living environment for the fishes with soft bones by using my own habitat classification.

汽水域（河口付近）や淡水域（湖や川）

最初は私たちにも馴染みの海「海水域」、海水と淡水が混ざり合う「汽水域」、そして、陸地にある湖や川などの「淡水域」の区分です。

海水域については後ほど詳しく説明するとして、最初に汽水域。大きな川が海に流れ込む、すなわち真水が大量に混ざる場所（河口付近の海）では、海の塩分濃度が下がります。逆に、あまり高低差の無い大河の場合、満ち潮によって海水が入ってきて塩分濃度が上がり、川の水なのに「しょっぱい!」こともあります。さらに、河口近くに長年かけて上流から運ばれてきた砂が堆積して、河口周辺の地形が変わって浅い湖のようになり、このような場所は汽水に満たされることがあります。

こうした汽水域には、海からサメやエイの仲間が短期的に入ってくることもあり、ヒトが活動する陸地に接していることから、目撃例も比較的多いようです。最近では海遊館でも大阪南部や和歌山の川（下流域）で「橋の上から川を見ていると、エイがたくさん泳いでいた」という、一般の方からの電話をいただくことが多くなりました。また、釣り好きの方から「漁港の浅いところにエイが群れていた」との連絡を受けることもあります。このような目撃情報が集まるのは5月-7月で、多くはアカエイ *Dasyatis akajei* です（図1）。彼らは餌を探して、もしくは繁殖行動の一環として、初夏に汽水域にも出現するようです。同じような行動を示すのがドチザメ *Triakis scyllium* で、仲谷（2011）によるとドチザメは塩分濃度や水温の変化に強いため、藻場や汽水域など塩分濃度の低い所にも出現します（図2）。ただし、アカエイやドチザメの生息場所は主に沿岸の砂泥底域で、上記のように汽水域に現れるのは時期的に限られています。



図1. 水深50cmほどの港内浅場に群れるアカエイ *Dasyatis akajei*

北谷佳万氏が2003年7月に和歌山県印南で撮影



図2. ドチザメ *Triakis scyllium*

一方、メジロザメ目のオオメジロザメ *Carcharhinus leucas* の場合、汽水域どころか川の上流の淡水域にも出現します。仲谷 (2011) によると、アマゾン川の河口から4,000km、ミシシッピ川でも河口から2,500kmも上流で記録されているのです。オオメジロザメは全長3mに達する大型種で、太平洋、インド洋、大西洋にも分布しており、それらの海に流れ込む大河の上流まで、おそらく餌を求めて遡ってくるため、私たちにとっては危険な存在になり得ます。人間がサメに襲われる事故を調査したParker (2010) によると、オオメジロザメはホホジロザメ *Carcharodon carcharias*、イタチザメ *Galeocerdo cuvier* に次いで第3位の危険な種類となります。

実際にインドのガンジス川では、ヒンドゥー教を信仰する方が寺院の近くの川で沐浴(もくよく)を行っている際に、オオメジロザメに襲われた報告があるのです。日本でも、沖縄諸島の河川に侵入したオオメジロザメの記録があり、2013年5月には那覇市内を流れる安里川で、全長1mほどの小型のオオメジロザメが2個体目撃され、新聞でも報道されていました。

これまで紹介してきたエイやサメは淡水域への侵入期間の長短はあれ、いずれも海で繁殖しています。しかし、次に紹介するポタモトリゴン科 (Potamotrygonidae) のエイ類はその一生を淡水域で過ごします (Araújo, 2004)。科の学名「Potamotrygonidae」はギリシャ語の「potamos (川という意味)」と「trigon (三角から派生してエイという意味)」に由来して、まさに「川のエイ」という意味です。ポタモトリゴン科には3属約20種が含まれ (Nelson, 2006)、アマゾン川など南米の大西洋側に流入する大河の上流域に生息しています (図3)。このエイ類は一般的に体盤が円く、体盤幅も30–50cmくらいの種類が多いのですが、中には体盤幅が1.5mに成長するものもあります。川底の砂や泥に隠れていることが多いのですが、尾には強い毒を持つトゲ (尾棘) があり、攻撃されると、長い尾を振り回して毒のある尾棘で身を守ります。そのため、気付かずにこのエイを踏み、大怪我をすることもあるので、危険な魚として知られる一方で、現地では食用とされることもあり、また、淡水性で一般家庭でも飼育可能なために観賞魚として世界中に輸出されるようになり、乱獲による個体数の減少も指摘され、保全活動の必要性も叫ばれています (Araújo, 2004)。

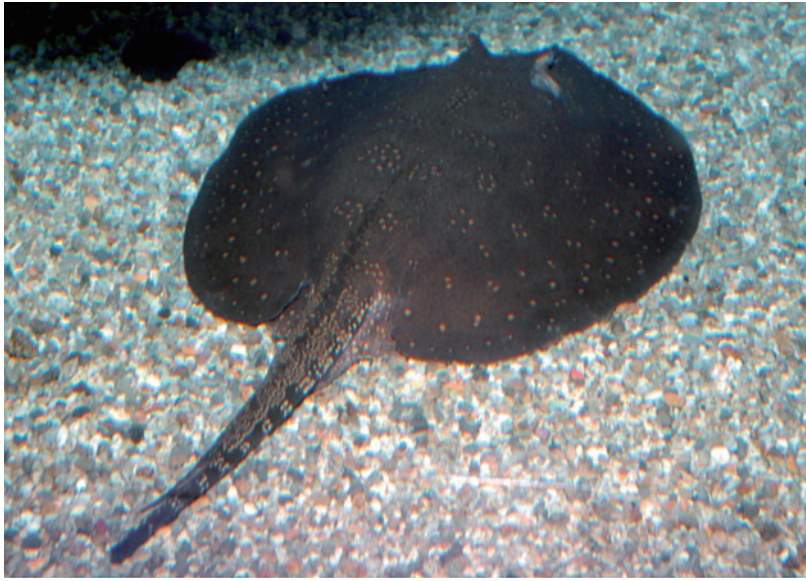


図3. アマゾン川水系（淡水）に生息するボタモトリゴン科の一種

海水域（浅海から深海、そして海底）

「海水域」にはいくつかの区分方法がありますが、その深さ（水深）で区別してみましょう。Pinet (2006) によると、「表層」は水面から水深200mまで、「中深層」は水深200-1,000mまで、「漸深層（ぜんしんそう）」は水深1,000-2,000mまで、「深海層」は水深2,000-6,000mまで、「超深海層」は水深6,000m以上とされています（図4）。さらに、Pinet (2006) は海水部分「漂泳区（ひょうえいく）」と海底部分「底生区」に分け、「底生区」は、その部分の深さ（上記区分）も考慮して5つに区分しています（図4）。あまり細かく分けても、私達には馴染みの無い「中深層」や「漸深層」などの言葉が出てくると判りづらくなります。

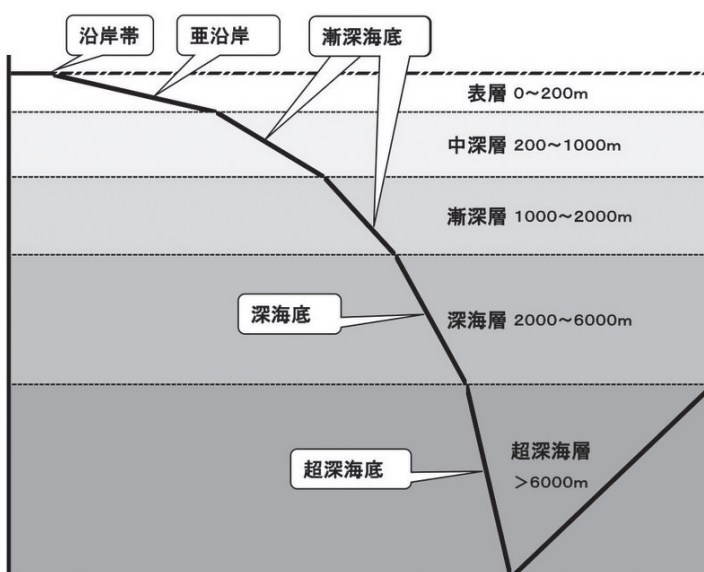


図4. 海水域の区分 (Pinet,2006) を参考に作成

「表層」と呼ばれる水深200mまでは何とか太陽光が届きますが、実際には水深100mを超えると、植物が日中に光合成を行うことも難しいようです (Pinet, 2006)。また、深くなるにつれ水圧は増し、「超深海層」と呼ばれる水深6,000mより深いところでは、私達が暮らしている陸上の大気圧で1気圧の場所と比べて、約600倍もの圧力がかかってきます。光が届かず、強大な水圧に包まれた、生き物にとっては過酷な環境なのです。

ここで、話を「やわらかい骨を持つ魚 (軟骨魚類)」に戻します。もちろん彼らも魚類の仲間、必要に応じて海の中を泳ぎ回ります。その際に、ヒトがスキューバダイビングで潜水する時のように水深計を見るわけでもなく、餌を追いかけたり敵から逃げたりと、浅い場所も深い場所も利用するでしょう。時にはオニイトマキエイ *Manta birostris* やナンヨウマンタ *Manta alfredi* のようにジャンプして、その大きな体を完全に空気中にまで晒し、大きな水音を立てて着水することもあります (驚いたり、体表の寄生虫を落とすためと推測されています)。映画「ジョーズ」で有名になったホホジロザメ *Carcharodon carcharias* も空中にジャンプする事があり (獲物を水中から水面に向かって襲う際に勢い余って飛び出すと推測されています)、インターネットで「Air Jaws」等と検索すれば、様々な写真や動画まで見ることができます。

上述のように空中まで飛び出すのは特別な例ですが、通常「やわらかい骨を持つ魚 (軟骨魚類)」たちの行動は海中を泳いでいるか、着底しているかのどちらかです。サメの仲間ではジンベエザメ *Rhincodon typus*、アオザメ *Isurus oxyrinchus*、ニタリ *Alopias pelagicus*、イタチザメ *Galeocerdo cuvier*、アカシュモクザメ *Sphyrna lewini*、エビスザメ *Notorynchus cepedianus* などが泳ぎ続ける種類の代表で、海遊館の水槽で着底しているのを発見したら「大変です! 不調個体を発見しました」と大騒ぎになってしまいます。一方、ネムリブカ *Triaenodon obesus* やイヌザメ *Chiloscyllium punctatum* などは、夜間おそらく空腹の際は活発に泳ぎ回りますが、その他の時は着底してじっとしています (図5)。さらに、オオセ *Orectolobus japonicus* やカスザメ *Squatina japonica* は着底時間がもっと長く、私たち飼育担当者でも泳いでいるのを見ることは稀です。彼らは餌を捜して泳ぐのではなく、餌が近づいてくるのを待ち続けるのです (図6)。

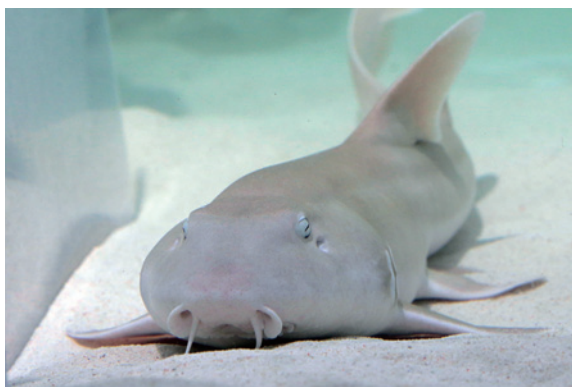


図5. 水槽に着底するイヌザメ *Chiloscyllium punctatum*



図6. オオセ*Orectolobus japonicus*は餌が近づくのを待ち続ける

エイの仲間にもサメと同様に「泳ぎ続ける」「泳いだり着底したり」「ほとんど着底」のパターンが見られます。泳ぎ続けるのはアカエイ科のカラスエイ*Dasyatis violacea*やトビエイ科のマダラトビエイ*Aetobatus narinari*、イトマキエイ*Mobula japonica*、ナンヨウマンタなど少数です。エイの仲間には534種が知られますが(Nelson, 2006)、「泳ぐ」「着底する」の比率に違いはあっても大半は「泳いだり着底したり」に含まれるようです。その中でも着底時間が長く「ほとんど着底」と呼べるのはシビレエイ科(Torpedinidae)やガンギエイ科(Rajidae)の仲間でしょうか。

ギンザメの仲間は自然界や飼育下の観察例が少なく、断言はできませんが、海底近くをゆっくりと泳いだり、浮かぶようにホバリングしている事が多いようです。彼らはほとんどが深海性で、行動や生態に関する情報が非常に乏しいのです。

一方、泳ぐ場所、着底する場所の深さはどうでしょうか。サメの仲間でも最も深い海から記録されているのはカラスザメ科のフトカラスザメ*Etmopterus princeps*です(仲谷, 2011)。体は腹側も黒一色で、全長75cm前後に成長します。このフトカラスザメは生態もほとんど知られていませんが、北大西洋の水深3,750–4,500mの深海層で記録(仲谷, 2011)されているのです。

他にも、全長2mになるヨロイザメ科ヨロイザメ*Dalatias licha*は水深1,500mより深く、全長1.4mのアイザメ科のモミジザメ*Centrophorus squamosus*も水深1,000–1,250mから記録されています。

次にエイの仲間の深さ比べですが、シビレエイ科のヤマトシビレエイ*Torpedo tokionis*は水深約1,000m、鰓が6対あるのが特徴のムツエラエイ科のムツエラエイ*Hexatrygon longirostra*は水深350–1,000m(図7)、ガンギエイ科のチノフスキーカスベ*Bathyraja tzinovskii*で水深2,500m、チヒロカスベ*Bathyraja abyssicola*は水深2,906mからの記録があり、これはエイの仲間では最も深い記録(中坊, 2013)となります。

最後にギンザメの仲間ですが、ギンザメ科のムラサキギンザメ*Hydrolagus purpureus*は水深1,120–1,920m、テングギンザメ科のアズマギンザメ*Harriotta raleighana*は水深400–2,600mの記録があります。

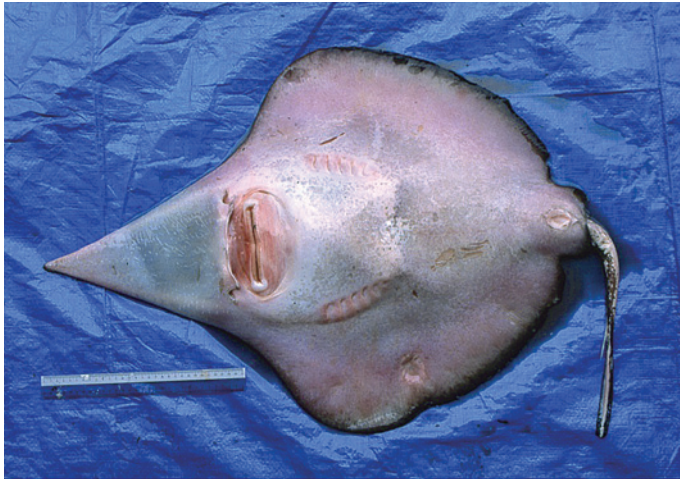


図7. ムツエラエイ *Hexatrygon longirostra* の腹面、6対の鰓が特徴

以上、「やわらかい骨を持つ魚（軟骨魚類）」の深さ比べの結果はサメがフトカラスザメの水深4,500m、エイはチヒロカスベの水深2,906m、ギンザメがアズマギンザメの2,600mとなります。ただし、こうした生息水深記録の多くは漁獲された時の水深であり、本来なら、さらに深くまで潜る事もあり、揚網中（網を上げる途中）にもっと浅いところで網にかかった可能性も否定はできないので、若干の誤差は認めざるを得ません。いずれにしろ、サメ・エイ・ギンザメの仲間には光も届かず、大きな水圧に囲まれた水深2,000mを超える深海層に暮らすものがあることは確かです。

熱帯域（暖かい海）から極海域（冷たい海）

特に表層の水温は一般に、太陽光の影響で赤道付近は水温25℃以上（時には35℃）と高く、北極と南極に近づくにつれて低くなります。通常は極地でも海水温は1-2℃ですが、厳冬期には表層海水自体がシャーベット状になることもあります。著者は、北極の海でシャーベット状の海水をかき分けながらシュノーケリングして、ひたすらクリオネ（ハダカメガイ）を捜した経験がありますが、凍りかけの海の中にも多くの生物が存在するのに驚いた覚えがあります。また、上述のように水深100mを超えると光が届かず太陽エネルギーも伝わらないため、熱帯域や温帯域の海に潜っていくと水温が急に冷たくなる「水温躍層」と呼ばれる部分が水深200-1,000mあたりに存在します。水温躍層の深さは場所や季節によっても変化しますが、この水温躍層より深い部分の水温は、例え赤道付近でも年中4℃以下で安定しています。

このように、場所や深さで海水温は1-2℃から35℃以上にまで変化しますが、サメの仲間は暖かい海にも冷たい海にも生息しています。仲谷（2011）は表層域の年間平均水温で22℃以上の熱帯・亜熱帯域、22-10℃の温帯海域、10-2℃の寒帯海域、2℃以下の極海域と4つに分け、サメの仲間の主なグループがどの海域に出現するかをまとめています。特徴的な種類をいくつか紹介すると、メジロザメ目のツマグロ *Carcharhinus melanopterus*

はサンゴ礁周辺に生息、水深1mもない礁湖にも入ってくるので、水温が35℃を超えても短期間なら平気です。因みに、当館では水温24-26℃の水槽で飼育していますが、写真のように元気に泳いでいます(図8)。一方、深海性の仲間が多いツノザメ目のオンデンザメ *Somniosus pacificus* は全長7mに達する大型のサメですが、浅海から水深2,000mまでの広い範囲で記録されています。主な分布は日本沿岸も含む北太平洋から北極海で、当然ですが表層でも水温の低い北極海では浅い所でも目撃され、日本周辺では深い場所で記録されています。以前から展示生物の交換や調査・研究など当館と協力関係にあるカナダのバンクーバー水族館のスタッフに聞いた話ですが、彼らがカナダの西海岸で潜水調査を実施中に、大型のオンデンザメに出会って驚いた経験があるとのこと。通常のスキューバダイビングで潜水するのは深さ30mくらいまでなので、水温が低い時にはかなり浅い所にも出現するようです。

先に、水深を基準にサメ、エイ、ギンザメの深さ比べで紹介したフトカラスザメ、チヒロカスベ、アズマギンザメなどはいずれも水深1,000mより深いところ、すなわち水温躍層より下に生息しているため、水圧、暗闇に加えて水温も4℃前後と冷たく、まさに想像を絶する環境の下で暮らしているのです。



図8. 水面近くを泳ぐツマグロ *Carcharhinus melanopterus*

おわりに

本稿では紙面の都合で詳しく紹介できませんが、当館ではジンベエザメの生態研究の一環として、漁師さんの仕掛けた定置網に入ったジンベエザメに様々な生態情報を記録可能な発信機(データロガー)を取り付け再び海へリリース、一定期間後に自動的に発信機が外れて海面に浮かんだ時、期間中に得た情報を人工衛星経由で集める研究を北海道大学北方生物圏フィールド科学センターの宮下和士教授のご協力を得て始めています。詳細は調査回数と充分な検証を経てからになります。この結果からジンベエザメが泳ぐ(回遊する)コースや深さに関する情報も集まりつつあります。今回は「やわらかい骨を持つ

魚(軟骨魚類)」たちの泳ぐ深さも紹介しましたが、ジンベエザメも表層を泳ぐだけでなく、漸深層まで潜る可能性があり、調査を進めればその理由なども明らかに出来るのではと考えています。

さて「やわらかい骨を持つ魚(軟骨魚類)」たちの生活環境、皆さまはどのように感じられたでしょうか。彼らの繁殖方法を紹介した際にも書きましたが(西田, 2008, 2013)、著者はサメ・エイ・ギンザメの仲間が4億年の時を越えて泳ぎ続けることが出来たのは、過酷な環境に耐え、環境の激変にも対応するという生存戦略があればこそだと思いのです。

引用文献

- 中坊徹次. 2013. 日本産魚類検索 全種の同定 第三版. 東海大学出版会. 神奈川.
- 仲谷一宏. 2011. サメ-海の王者たち. 240pp. ブックマン社. 東京.
- 西田清徳. 2008. やわらかい骨を持つ魚の話(軟骨魚類博物誌)【1】. かいゆう 13: 14-22.
- 西田清徳. 2013. やわらかい骨を持つ魚の話(軟骨魚類博物誌)【4】. かいゆう 16: 29-40.
- Araújo, M. L. G., P. Charvet-Almeida, M. P. Almeida and H. Pereira. 2004. Freshwater stingrays (Potamotrygonidae): status, conservation and challenges. In: AC 20 Informative 8.
- Nelson, J. S. 2006. Fishes of the world. John Wiley and Sons, Inc. New York. 3rd. edition. 601 pp.
- Parker, S (2010). 世界サメ図鑑(日本語版監修: 仲谷一宏). 224pp. ネコ・パブリッシング. 東京.
- Pinet, P. R. 2006. Invitation to Oceanography, 4th Ed. Jones and Bartlett Publishers, Inc.

参考文献

- 荒俣宏(1989):「世界大博物図鑑 第2巻 魚類」平凡社
- 内田詮三・荒井一利・西田清徳(2014):「日本の水族館」東京大学出版会
- 岡村収・尼岡邦夫編監修(2005):「日本の海水魚」山と溪谷社
- スプリンガー・ゴールド(1992):「サメ・ウォッチング」(仲谷一宏・訳監修)平凡社
- 谷内透(1997):「サメの自然史」東京大学出版会
- 中野秀樹(2007):「海のギャング サメの真実を追う」成山堂書店
- 中坊徹次監訳(2011):「知られざる動物の世界 3 エイ・ギンザメ・ウナギのなかま」朝倉書店
- 中坊徹次・町田吉彦・山岡耕作・西田清徳編(2001):「以布利 黒潮の魚 ジンベエザメからマンボウまで」大阪・海遊館

- 仲谷一宏 (1997) :「サメの世界」データハウス
- 仲谷一宏 (2003) :「サメのおちんちはふたつ ふしぎなサメの世界」築地書房
- 仲谷一宏 (2011) :「サメ-海の王者たち」ブックマン社
- 日高敏隆監修 (1996) :「日本動物大百科 第5巻 両生類・爬虫類・軟骨魚類」平凡社
- スティーブ・パーカー (2010) :「世界サメ図鑑」(仲谷一宏・日本語版監修) ネコ・パブリッシング
- 矢野和成 (1998) :「サメ」東海大学出版会
- 矢野憲一 (1986) :「鮫」法政大学出版局
- 山口敦子監訳 (2013) :「知られざる動物の世界 11 サメのなかま」朝倉書店

海遊館のできごと（2014年3月～12月）

Major Occurrence

3月14日～2015年5月6日（予定）	企画展示「体感！熱帯雨林」を開催
3月24日～31日	参加型のデジタル・インスタレーション「お絵かき水族館」を開催
4月12日～20日（毎土日）	海遊館おとまりスクール（幼児対象、計2回）を開催
4月25日～2015年4月5日（予定）	企画展「ヒレのヒミツ ～スイマーたちの華麗な物語～」を開催
4月25日	特設水槽にマンボウを展示
5月10日～25日（毎土日）	海遊館おとまりスクール（女性対象、計3回）を開催
5月17日、18日	ワークショップ・ペンギンの羽を使ったストラップづくりを開催
5月19日	カリフォルニアアシカの赤ちゃん誕生
5月19日	大阪海遊館 海洋生物研究所以布利センターよりタイワンイトマキエイを輸送、搬入後に死亡
5月20日	ジンベエザメ（3代目遊）を大阪海遊館 海洋生物研究所以布利センターに輸送
5月30、31日	「夜ヨガ×夜の海遊館」（女性対象）を実施
5月31日	大阪湾スナメリ調査を大阪ECO 動物海洋専門学校と合同で実施。5群10頭確認
6月4、5日	平成26年度中部・近畿ブロック水族館技術者研究会 企画展示「体感！熱帯雨林」発表
6月7日～7月13日（毎土日）	海遊館おとまりスクール（小中学生対象、計6回）を開催
6月7日	天保山岸壁の生物調査を2014年大阪湾生き物一斉調査として実施。約50種確認
6月12日	ジェンツーペンギンの赤ちゃん誕生
6月21～29日	特別講座「ヒレの大研究！」（計4回）を開催
6月25日	アデリーペンギンの赤ちゃん誕生
6月28日	ラッコ「パタ」の誕生会（18歳）を開催
7月5日～7日	生き物たちに七夕のプレゼント（ラッコ、カピバラ、フタユビナマケモノ）
7月7日	平成26年度動物園水族館臨床研究会 「アデリーペンギンの卵塞症例」発表
7月13日	大阪海遊館 海洋生物研究所以布利センターにてジンベエザメ死亡
7月18日～10月13日	企画展示「ヒレのヒミツ ～スイマーたちの華麗な物語～」の一部を改修し、企画展示「ホネのヒミツ ～なにわホネホネ団がやってきた！～」を開催
7月16日	大阪海遊館 海洋生物研究所以布利センターにてジンベエザメ死亡
7月17日	エキスポランド跡地に新タイプ施設の開設を発表
7月19日、20日	夏休みナイトツアー（大人対象）を実施
7月26日～29日	夏ラボ海遊館「ホネホネくじらモビール」を開催
8月	日本の水族館（東京大学出版会）第5、6、7章を西田清徳（海遊館館長）が執筆
8月1日	海遊館初展示の「ルリコンゴウインコ」をエクアドル熱帯雨林水槽へ
8月2日～6日	夏ラボ海遊館「チリモンを探せ！」を開催
8月2日～10日（毎土日）、23日、30日	夏休みナイトツアー（小中学生対象）を実施
8月5日	旅行口コミサイト、トリップアドバイザーの水族館ランキングで海遊館がアジア1位
8月18日～24日	夏休み「新体感エリア」ガイドツアーを特別実施
8月22～24、29～31日	夏ラボ海遊館「エコバックを作ろう！」を開催
8月23日	カマイルカの赤ちゃん誕生（愛称：サーフ、一般公募）
8月25日	大阪海遊館 海洋生物研究所以布利センターよりジンベエザメを搬入
8月27日	累計入館者数6,500万人達成（国内水族館で初めて）
9月6日～28日（毎土日）	海遊館おとまりスクール（幼児対象、計4回）を開催
9月14日	大阪湾スナメリ調査を大阪ECO 動物海洋専門学校と合同で実施
9月20、21日	平成26年度日本水産学会秋季大会「海遊館でのスナメリ普及活動」発表
9月24、25日	第24回日本動物園水族館設備会議「ワモンアザラシ水槽の水処理について」発表
10月4日～26日	海遊館おとまりスクール（女性対象、計4回）を開催
10月5日	記念講演会「ヒレ界×ホネ界ー 楽しい授業 in海遊館」を開催
10月11日～26日（毎土日）	秋ラボ海遊館「いのちのつながり、おりがみアクション」を国際自然保護連合日本委員会（IUCN-J）と共同開催
10月18日～26日	第2回アクアリティ国際シンポジウム「都市型水族館の水質維持について」発表
11月1日	計量の日にともないジンベエザメの全長測定を実施
11月1日～30日（毎土日）	海遊館おとまりスクール（小中学生対象、計5回）を開催
11月4日	特設水槽にてアオリイカを展示
11月15日～30日（毎土日祝）	冬ラボ海遊館「貝殻アートのワークショップ」を開催
11月22日～12月21日（毎土日祝）、22～25日	ナイトペンギンパレード・イルミネーション点灯式を開催
11月28日～12月25日	サンタダイバーを実施
11月28日～3月1日	写真展「海の中でもイルミネーション」を開催、水中写真家の目黒次生氏（高知県柏島）の作品
11月29、30日	海棲哺乳類研究会「海遊館でのスナメリ普及活動」ポスター発表
12月19日～25日	生き物たちにもメリークリスマス（ラッコ、アカハナグマ）を開催
12月19日～25日	冬ラボ海遊館「オウサマペンギンの羽でストラップをつくろう」を開催
12月19日～28日	サプライズ・アクアメッセージを実施（事前募集の3組対象）
12月22日	海遊館初ユウレイイカを期間限定で展示
12月26日	ふく（福）に通じる魚「トラフグ」を展示
12月27日～1月12日（毎土日祝）	ペンギンパレードを開催

海遊館のできごと (2015年1月～)

Major Occurrence

1月1日～4日	ラッコに氷の鏡餅をプレゼント
1月16日	海遊館初ダイオウグソクムシを展示
1月17日	記念ワークショップ「ヒレを楽しむ"ひれナイト"」(女性対象)を開催
1月23日～2月3日	オニさんダイバーを実施
1月23日	企画展示「体感!熱帯雨林」にビントロングを展示
1月24日、2月7日、21日	「冬ヨガ×夜の海遊館」(女性対象)を実施
1月29、30日	第59回水族館技術者研究会を開催「タイワンイトマキエイの飼育及び摂餌方法について」 「ストレス下におけるジンベエザメの逸脱酸素、解糖系代謝産物、電解質、血中ホルモン、血液ガスの変化」発表
1月30日	秋篠宮殿下が海遊館をご視察
2月6日～14日	生き物たちにバレンタイン(コツメカワウソ、ラッコ、アカハナグマ、カピバラ)開催
2月14、15日	特別講座「イルカのホネから進化に迫る!」(計4回)を開催
3月7日～15日(毎土日)	海遊館おとまりスクール(グループ対象)を開催
3月21日～4月5日	春ラボ海遊館「ねんどアートでひれのヒミツを探ろう!」を開催



海遊館
OSAKA AQUARIUM KAIYUKAN

かいゆう
OSAKA AQUARIUM MAGAZINE "KAIYU"

Vol.18 (通巻26号) 2015年3月30日発行

編集・発行 株式会社 海遊館
大阪市港区海岸通1-1-10 〒552-0022
TEL.06-6576-5501
<http://www.kaiyukan.com/>

印刷 瑩印刷株式会社



海遊館

OSAKA AQUARIUM KAIYUKAN