

ISSN 1348-9437

海遊館機関誌

# かいゆう

Journal of Osaka Aquarium Kaiyukan, KAIYU

Vol. 22 April 2019



大阪・海遊館

## 目 次

### Contents

喜屋武樹、鬼丸洸、工樂樹洋、西田清徳：

イヌザメの発生研究

**Itsuki Kiyatake, Koh Onimaru, Shigehiro Kuraku, Kiyonori Nishida**

**A study of the embryonic development of the brown-banded bamboo shark . . . . . 1**

村井貴史：

「海月銀河」におけるクラゲの展示と飼育

**Takashi Murai**

**“Kurage-ginga”, a new jellyfish exhibition in Osaka Aquarium Kaiyukan . . . . . 12**

西田清徳：

やわらかい骨を持つ魚の話 (軟骨魚類博物誌) 【10】

**Kiyonori Nishida**

**A Natural history of Chondrichthyes 【10】 . . . . . 17**

富澤奈美、石川恵、伊藤このみ、青木香澄、高山紀代：

展示生物4種をミニ企画展に

**Nami Tomisawa, Megumi Ishikawa, Konomi Ito, Kasumi Aoki, Noriyo Takayama**

**The mini-special exhibit with theme of 4 different exhibiting species. . . . . 31**

## イヌザメの発生研究

喜屋武樹<sup>1)</sup>・鬼丸洗<sup>2)</sup>・工樂樹洋<sup>2)</sup>・西田清徳<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>大阪・海遊館

<sup>2)</sup>理化学研究所生命機能科学研究センター分子配列比較解析ユニット

### **A study of the embryonic development of the brown-banded bamboo shark**

**Itsuki Kiyatake<sup>1)</sup>, Koh Onimaru<sup>2)</sup>,  
Shigehiro Kuraku<sup>2)</sup>, Kiyonori Nishida<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Osaka Aquarium Kaiyukan

<sup>2)</sup>Laboratory for Phyloinformatics, RIKEN Center for Biosystems Dynamics Research (BDR), Kobe

#### はじめに

大阪・海遊館（以下、海遊館）では2015年より、理化学研究所生命機能科学研究センター分子配列比較解析ユニット（工樂樹洋ユニットリーダー。以下、理化学研究所）（図1）と共同でDNA解析技術を活用した様々な分子生物学的研究を行ってきました。今回は、その一環で行ったイヌザメ *Chiloscyllium punctatum* の受精卵における胚発生の研究の背景や成果を紹介します。なお、この研究は、2018年4月に発生生物学分野の国際学術誌「Developmental Dynamics」に掲載されました（Onimaru et al., 2018）。さらにこの発表に引き続き、2018年10月にはジンベエザメ *Rhincodon typus*、イヌザメ、トラザメ *Scyliorhinus torazame* 計3種の全ゲノムを解析した論文が英国の国際学術誌「Nature Ecology and Evolution」に掲載され（Hara et al., 2018）、本誌でもその概要が紹介されています（西田, 2019）。これらの論文はオープンアクセスなので、どなたでもご覧いただけます。

#### Introduction

Since 2015, we have conducted various biological researches utilizing DNA sequencing technologies in cooperation with Laboratory for Phyloinformatics, RIKEN Center for

Biosystems Dynamics Research (BDR) (Fig.1). As a part of our collaboration with RIKEN, the present report highlights our recent study on the embryonic development of the brown-banded bamboo shark (*Chiloscyllium punctatum*). We will summarize our *de novo* staging table for developing bamboo shark embryos which were obtained from Kaiyukan's largest tank, Pacific Ocean. (maximum length 34m, depth 9m, quantity of water 5400t). The main result of this study was published in an international journal, *Developmental Dynamics* in April 2018 (Onimaru et al., 2018). In addition, another subsequent study published in *Nature Ecology & Evolution* (Hara et al., 2018), also provided the genome sequence of this species and additional two shark species—the whale shark and the cloudy catshark. In this volume of *Kaiyu*, Nishida reviews these genome sequence analyses (Nishida 2019). These works are fully open access. In this article, we introduce the background and results of this study.



図1. 理化学研究所神戸キャンパス

## 遺伝子って何？

最近、遺伝子検査やDNA検査、ゲノム編集という言葉をよく耳にするとおもう。ただ、遺伝子やDNA、ゲノムが一体何でどのような関係なのかよく分からない方が多いのではないのでしょうか。筆者も恥ずかしながら、理化学研究所との共同研究に携わってから勉強を始めたのですが、少しだけ、簡単に説明させていただきます。

生物の遺伝は普通、親の遺伝情報を子どもに伝達することで成立します。この遺伝情報は、細胞の核の中にある「染色体」に含まれる「DNA」という分子に刻まれています(図2)。皆さまはDNAの二重らせんモデル(図3)をご存知でしょうか？この構造をまっすぐに伸ばした両側2本が「DNA鎖」であり、その間は「塩基」同士がゆるく結合して橋渡しされています。DNAの「塩基」はA(アデニン)、T(チミン)、G(グアニン)、C(シトシン)の4種あり、AにはTが、GにはCが結合します。この塩基の並びを「塩基配列」と呼びます。塩基配列は生物種によって異なり、この並びが「遺伝情報」なのです。ただ、全ての塩基配列に明確な機能があるわけではなく、その一部にタンパク質(食物を消化する消化酵素「トリプシン」や筋肉を構成する構造タンパク質「アクチン」など)を構成するアミノ酸配列を指定する情報が含まれています。こうしたタンパク質の情報を伝えるDNAの塩基配列上の単位を「遺伝子」と呼びます。生物がどのような遺伝子

を持っているかを調べると、その生物の特徴を理解することができます(図2)。また、DNAに刻まれている全ての遺伝情報を「ゲノム」と呼びます。

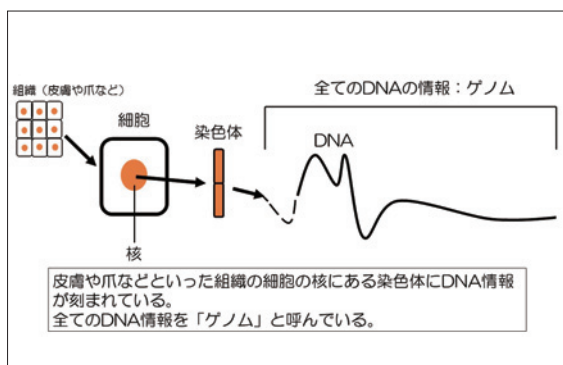


図2. DNAとゲノム

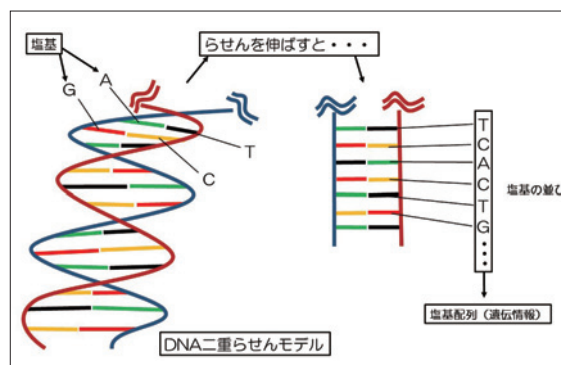


図3. DNA二重らせんモデル図

### 多種多様な板鰐類

さて、前置きが長くなりましたが、サメはエイと共に軟骨魚類の中の板鰐類(ばんさいるい)と呼ばれるグループに属します(図4、図5)。ヒトとチンパンジーがその共通祖先からわかれたのは約700万年前と考えられていますが、板鰐類はおよそ3~4億年前に誕生したと考えられています。板鰐類は、浅い海から深い海、暖かい海から冷たい海にまで生息するもの、海と川を行き来するオオメジロザメ *Carcharhinus leucas* や、アマゾン川の淡水域にのみ生息するポルカドット・ステイングレイ *Potamotrygon leopoldi* など生息域は様々です。また、板鰐類の繁殖様式は、たとえばサケのオスとメスが寄り添い口を開けてメスが放卵した卵にオスが放精する「体外受精」ではなく、交尾を行う「体内受精」で、卵生種(母体の外へ卵を産んで孵化する)と、胎生種(母体内で孵化し、栄養補給を自分の卵黄から受ける「卵黄依存型胎生」、母体から栄養供給される「母体依存型胎生」)に大きく分かれます(西田、2008、2013、2015)。体の大きさでは、ツラナガゴビトザメ *Squaliolus aliae* のように成魚でも全長約20cmにしかない種もいれば、ジンベエザメ(図4)のように全長約12mになる種も存在する多様で不思議なグループです(中坊、2013)。そんな板鰐類は世界中に約1200種が生息しています。

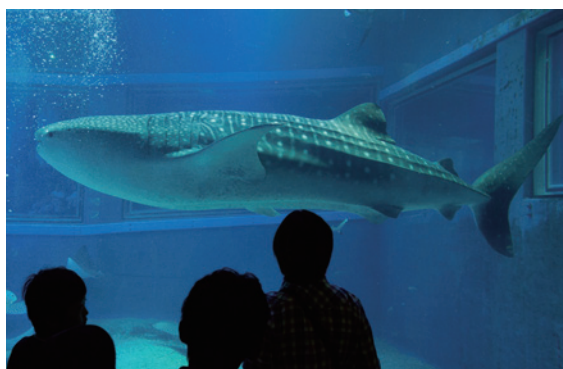


図4. ジンベエザメ



図5. イトマキエイ

## サメの遺伝子で何が分かる？

多種多様な板鰓類がどのような遺伝子を持ち、どのような機能があるのかを調べることにより、前述したような生態や形態の多様性に対する理解を深めることができ、ヒトや他の脊椎動物の遺伝子と比較することで、系統的な類縁関係やヒトの遺伝的な特徴を理解するヒントが得られます。遺伝子はその名の通り、祖先から脈々と遺伝されてきた情報ではありますが、その遺伝情報は少しずつ変化してきました。遺伝情報の変化の速度（進化する速度）は種によって異なり、板鰓類はゆっくりと進化してきたことが知られています。一方で、メダカやゼブラフィッシュなどは、飼育しやすいことから、医薬品の開発などを含む分子生物学的研究で幅広く用いられていますが、DNA配列の変化が速い（進化する速度が速い）ため、研究成果をヒトと関連付けることが難しい場合があります。そのためDNA配列の変化が遅いサメ類と比較することに意味があるのです。

## 胚の形態的発生研究

### 1. イヌザメに注目した理由

現在知られている板鰓類約1200種のうち、サメは約500種が知られています（仲谷、2016）。その中でイヌザメに注目したことには理由があります。分子生物学的研究を行うためには、まず生物試料の入手のしやすさが求められます。また、卵の胚発生段階が詳細に記録されていることも必要です。

軟骨魚類には、板鰓類の他にギンザメの仲間が属する「全頭類」が含まれます。その全頭類に属するゾウギンザメ *Callorhynchus milii* については2014年に全ゲノム配列情報が解読され（Venkatesh et al., 2014）、胚の発生段階の記述もあります（Didier et al., 1998）。しかし、この種はオーストラリアからニュージーランドの狭い範囲に生息し、生体試料の入手が非常に困難です。一方、ハナカケトラザメ *Scyliorhinus canicula*（図6）も軟骨魚類の分子生物学的研究で頻繁に用いられてきました。この種は卵生であり、入手が比較的容易で胚発生が詳細に記録されています（Ballard et al., 1993）。しかし、この種や日本近海に生息する近縁種については、飼育水温が低く胚発生速度が遅いことや、ゲノムDNAに含まれる総塩基数が多いため、研究には時間と費用がかかり理想的とは言えませんでした。これらに対して、イヌザメ（図7、図8）は日本の多くの水族館で飼育される卵生種で入手が容易です。また、ハナカケトラザメの卵は飼育水温16℃で孵化まで約175日要するのに対して、海遊館の「太平洋」水槽（最大幅34m、水深9m、水量5400t）で飼育しているイヌザメの卵は飼育水温23℃～25℃のもとでは約118日で孵化します。胚発生速度が速いため、継続的に発生を追っていく研究には利用しやすいのです。

「太平洋」水槽ではイヌザメが一年中毎日産卵しており、個体数調整のために孵化させるのは年間1～3個体ほどに留めていました。このように、安定的に調達できる豊富な試料であることと、イヌザメの胚発生の先行研究がないことに注目し、理化学研究所と共同でイヌザメの受精卵を用いた研究を行うこととなりました。



図6. ハナカケトラザメ

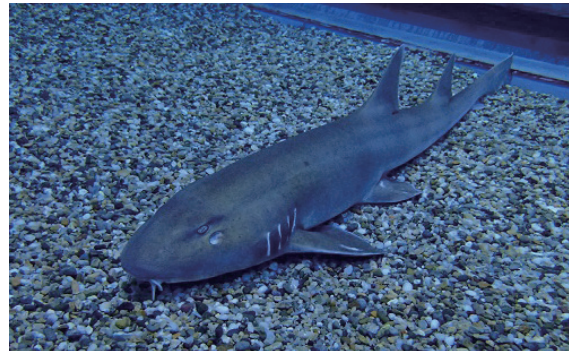


図7. イヌザメ



図8. イヌザメの卵

## 2. 方法

### [卵の回収]

イヌザメが1日のうち、いつ、どのタイミングで産卵するかはわかりません。卵を効率的に回収するために、回収作業は「太平洋」水槽の清掃のため頻繁に潜水を行う専属のダイバーが実施しました。回収した卵は、4区画に仕切ったカゴへ週ごとに分けて収容しました(図9)。

### [卵の輸送]

回収した卵は月に1回、理化学研究所に設置しているイヌザメの卵を保管する水槽(水温25℃)へ輸送しました。輸送には、容量約2Lのタンクを用いて、タンク1個につき1週間分の卵を収容して、車で約1時間かけて理化学研究所まで輸送しました。

前述したように、「太平洋」水槽ではイヌザメが毎日産卵しており、週平均約20個の卵が確認されています。そのうち、貝類や甲殻類が好物のネコザメやマダラトビエイ、シノメサカタザメなどによって10個前後が食べられてしまいますが(図10、図11、図12)、2015年から現在までの約3年間で約1200個の卵を研究に使用しました。

[胚の観察方法]

サメの胚は、卵殻や卵黄の周囲にあるゲルによって守られていると考えられています。そのため、胚の発生初期段階で卵の殻を開けると死んでしまいます。しかし、この研究では卵の殻を部分的に開放して胚発生段階の観察ができる適切な条件を見出しました。胚の初期段階の主な死因は細菌によることが知られていて (Ballard et al., 1993)、それを防ぐためにゲンタマイシンgentamicin、アンフォテリシンB amphotericin B、ペニシリンpenicillin、ストレプトマイシンstreptomycin計4種の抗生物質を1026kg/m<sup>3</sup>の密度の人工海水に添加しました。この海水で、発生初期の胚(産卵6日から16日経過した胚)において一週間、長いものでは二週間以上の間、発生を続けることができました(図13)。



図9. イヌザメの卵を収容するカゴ



図10. イヌザメの卵を嚙むネコザメ



図11. マダラトビエイ

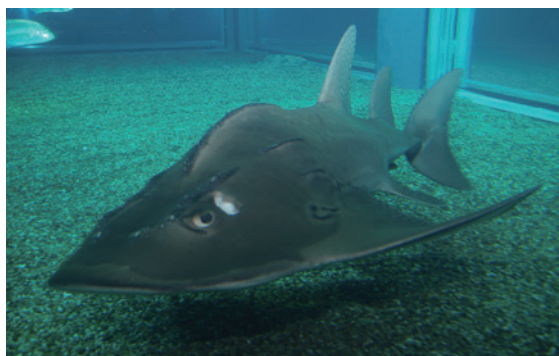


図12. シノメサカタザメ

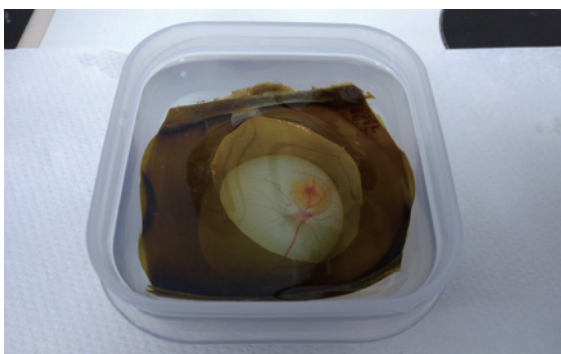


図13. 殻の一部を開放したイヌザメの卵



### 3. 結果と考察

#### [胚発生を観察]

イヌザメの胚発生段階結果は表1の通りです。表のステージは、胚に変化が認められたら1つのステージとしました。イヌザメに特徴的な形態を示したステージは下記の通りです。

ステージ20 (産卵後約18日)：咽頭がスリット状に現れ、口が開きます (図14)。

ステージ30 (産卵後約42日)：背側から見ると、胸鰭の後縁は体に対して鋭角になり、第一背鰭の後縁は直角になります (図15)。雄の胚では、クラスパー (交尾器) が骨盤枝の後部から見え始めます。

ステージ39 (産卵後約118日)：卵黄嚢は全て吸収されています (図16)。

この研究では卵の殻を開けて胚を観察したため、殻から幼魚が出てきたところ、いわゆる「孵化」を観察することができませんでした。そこで、卵黄が完全吸収された状態を孵化とみなした結果、孵化に到る推定日数が23℃～25℃ /118日でした。孵化までの日数を比較すると、発生スピードがハナカケトラザメ (16℃ /175日) の1.5–1.8倍速いことが明らかになりました。

今回の研究によるイヌザメの胚発生段階表は、テンジクザメ目では初めて詳細に記録したもので、(表1)では、比較しやすいように、ハナカケトラザメの卵の胚発生段階表に基づいており、ステージ9から21は、形態的特徴が類似します。また、ステージ22から31もハナカケトラザメと同様ですが、器官が形成されるタイミングに差がありました。このように細かく段階分けした形態学的な胚発生段階表は、正確な発生段階を特定することができるため、今後の研究において非常に有用だと考えられます。

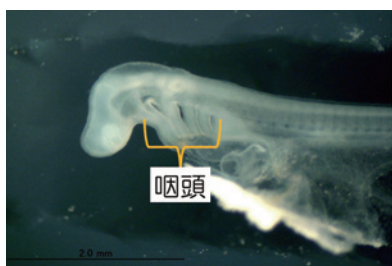


図14. ステージ20



図15. ステージ30

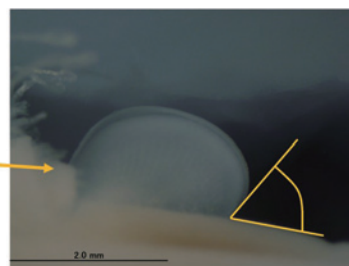


図16. ステージ39

イヌザメ発生ステージ	期間(日)	孵化推定日数(日)
ステージ9以前	5	-
9	1	5
10	1	6
11	1	7
12	0.5	8
13	0.5	8.5
14	1	9
15	1	10
16	1	11
17	2	12
18	1	14
18.5	1	15
19	1	16
19.5	1	17
20	1	18
21	2	19
22	1	21
23	2	22
24	2	24
25	2	26
26	2	28
27	2	30
27.5	2	32
28	4	34
29	2	38
29.5	2	40
30	4	42
31	4	46
32	8	50
33	8	58
34	7	66
35	7	73
36	10	80
37	14	90
37.5	7	104
38	7	111
39	N/A	118

表1. イヌザメ胚発生段階の概要

## 胚の発生研究から分子生物学的研究へ ―塩基配列の解析―

DNAは直接目に見えない大きさの物質ですから、塩基配列の読み取りは、蛍光色素での標識により間接的に行われます。そのためにはDNAシーケンサと呼ばれる特殊な装置が必要です。理化学研究所には、その中でも高機能な「超並列DNAシーケンサ」(図17) と呼ばれる装置が備えられており、読み取ったDNAデータを解析する専門的な技術者もいます。

イヌザメのゲノム配列は約47億塩基対(ヒトは約32億塩基対)と膨大なため、「超並列DNAシーケンサ」で解析します。また、この胚発生段階表を作成する研究では、種を特定する目的でイヌザメのミトコンドリアDNA(ミトコンドリア:呼吸によって得た酸素を利用してエネルギーを作り出す細胞内の器官で、独自のDNA配列を有し、種の判別などによく用いられる。)の一部を解析しました。解析には、キャピラリー(サンガー)シーケンサと呼ばれる別の型の装置(図18)を使い、1000塩基対ほどのDNA配列を読み取りました。キャピラリーシーケンサは、決定できる配列の数は少ないですが、1000塩基対程度であっても配列を正確に決定することができる装置です。



図17. 超並列DNAシーケンサ



図18. キャピラリー(サンガー)シーケンサ

## イヌザメの遺伝的な広がりの可能性

種の特定のために実施したミトコンドリアDNAの解析では、海遊館のイヌザメは公共のデータベースにイヌザメ *Chiloscyllium punctatum* として登録されているミトコンドリアDNA配列と完全には一致せず、*Chiloscyllium cf. punctatum* として登録されている配列と一致しました。そこで、比較のためにアクアワールド茨城県大洗水族館で孵化したイヌザメ幼魚の写真をお借りし、海遊館のイヌザメ幼魚と見比べてみると、下顎付近や尾鰭腹側の模様の違いが見つかったのです(図19、図20)。

さらに、模様だけでなく孵化までの日数にも差がありました。海遊館で回収し、理化学研究所で孵化したイヌザメの卵は、飼育水温23.0℃～25.0℃で孵化日数が118日、大洗水族館のイヌザメの卵は飼育水温24.9℃～27.6℃で孵化日数152日±10.7日(芝・柴垣、2009)と、一ヶ月ほどの差があることが分かりました。これは、イヌザメとされている種の中で、ヒトで例えると個人差のような遺伝的多様性がある可能性を示唆しています。イヌザメは東南アジアやインド洋、太平洋などの暖かい場所に生息しており、地域間でこういった差があるのかもしれない。

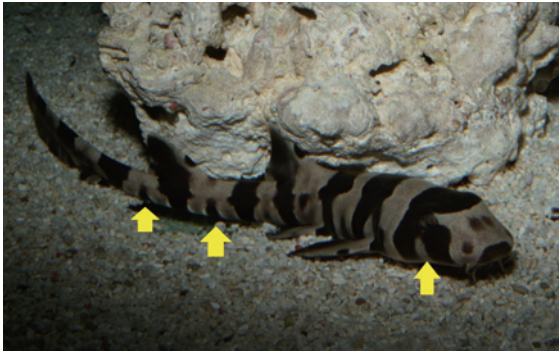


図19. 海遊館のイヌザメ

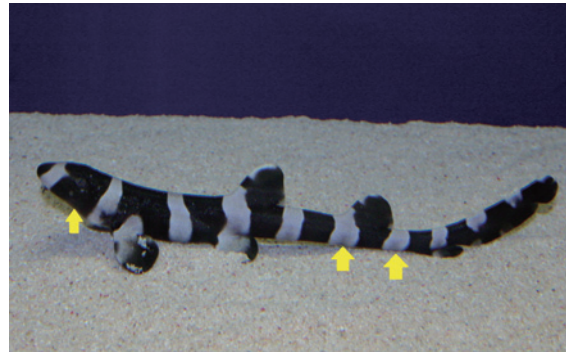


図20. アクアワールド茨城県大洗水族館のイヌザメ

## おわりに

2015年から理化学研究所と共同でサメの遺伝子をはじめ、分子生物学的研究を行ってきました。今回ご紹介したイヌザメの受精卵における胚の発生研究はサメの分子生物学的研究の基盤になると思われれます。この成果は、冒頭で紹介したジンベエザメ、イヌザメ、トラザメの全ゲノムを解析した論文 (Hara et al., 2018) でもさっそく利用され、今後もより多くの研究で活用されることが期待されます。

DNA配列解析が海遊館における飼育展示の新しい道を切り開く可能性を持つことは言うまでもありません。これからも生物学的に不明な点が多い板鰓類をはじめ、さまざまな飼育生物の研究を水族館として進めることにより、将来、自然と共存するための知恵を提供できればと考えています。

## 謝辞

本稿の執筆にあたり、イヌザメ胚発生研究に協力して下さった著者以外の理化学研究所生命機能科学研究センター分子配列比較解析ユニットの皆様、研究試料収集にご尽力いただいた株式会社橋本海事の皆様、イヌザメ幼魚の写真をご提供いただいたアクアワールド茨城県大洗水族館の皆様には厚く御礼申し上げます。また、研究から本稿執筆にあたりご協力いただいた著者以外の海遊館スタッフの皆様にも厚く御礼申し上げます。

## 引用文献

- 芝洋二郎・柴垣和弘. 2009. アクアワールド茨城県大洗水族館で飼育された卵生サメ類の産卵とふ化. 月刊海洋号外：52
- 中坊徹次. 2013. 日本産魚類検索 全種の同定 第三版 I. 中坊徹次編. 東海大学出版会. 154,190pp
- 仲谷一宏. 2016. サメー海の王者たちー. 株式会社ブックマン社. 東京. 213-233pp

- 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.
- 西田清徳. 2015. やわらかい骨を持つ魚の話 (軟骨魚類博物誌)【6】. かいゆう 18 : 39 – 48.
- 西田清徳. 2019. やわらかい骨を持つ魚の話 (軟骨魚類博物誌)【10】. かいゆう 19 : 17 – 30.
- Ballard W. William, Mellinger Jean, Lechenault Henri. 1993. A series of normal stages for development of *Scyliorhinus canicula*, the lesser spotted dogfish (Chondrichthyes: Scyliorhinidae). J Exp Zool 267:318-336
- Byrappa Venkatesh, Alison P. Lee, Vydianathan Ravi, Ashish K. Maurya, Michelle M. Lian, Jeremy B. Swann, Yuko Ohta, Martin F. Flajnik, Yoichi Sutoh, Masanori Kasahara, Shawn Hoon, Vamshidhar Gangu, Scott W. Roy, Manuel Irimia, Vladimir Korzh, Igor Kondrychyn, Zhi Wei Lim, Boon-Hui Tay, Sumanty Tohari, Kiat Whye Kong, Shufen Ho, Belen Lorente-Galdos, Javier Quilez, Tomas Marques-Bonet, Brian J. Raney, Philip W. Ingham, Alice Tay, LaDeana W. Hillier, Patrick Minx, Thomas Boehm, Richard K. Wilson, Sydney Brenner & Wesley C. Warren. 2014. Elephant shark genome provides unique insights into gnathostome evolution. Nature 505:174-179
- Dominique A. Didier, Elizabeth E. LeClair, Dana R. Vanbuskirk. 1998. Embryonic staging and external features of development of the Chimaeroid fish, *Callorhinchus milii* (Holocephali, Callorhinchidae). Journal of morphology 236:25-47
- Koh Onimaru, Fumio Motone, Itsuki Kiyatake, Kiyonori Nishida, Shigehiro Kuraku. 2018. A staging table for the embryonic development of the brownbanded bamboo shark (*Chiloscyllium punctatum*). Developmental Dynamics 247:712-723
- Last Peter Robert, White William T, Carvalho Marcelo R de, Se'ret Bernard, Stehmann M and Naylor, Gavin J.P. 2016. Rays of the World. In: Last Peter Robert, Manjaji-Marstumoto. B. M, Naylor Gavin. J.P and White William. T(eds). Stingrays Family Dasyatidae. CSIRO Publishing, Melbourne. pp. 522-618.
- Yuichiro Hara, Kazuaki Yamaguchi, Koh Onimaru, Mitsutaka Kadota, Mitsumasa Koyanagi, Sean D. Keeley, Kaori Tatsumi, Kaori Tanaka, Fumio Motone, Yuka Kageyama, Ryo Nozu, Noritaka Adachi, Osamu Nishimura, Reiko Nakagawa, Chiharu Tanegashima, Itsuki Kiyatake, Rui Matsumoto, Kiyomi Murakumo, Kiyonori Nishida, Akihisa Terakita, Shigeru Kuratani, Keiichi Sato, Susumu Hyodo & Shigehiro Kuraku. 2018. Shark genomes provide insights into elasmobranch evolution and the origin of vertebrates. Nature Ecology & Evolution 2: 1761-1771. 5

#### 参考文献

宮田隆 (2013) :「分子からみた生物進化」講談社

## 「海月銀河」におけるクラゲの展示と飼育

村井貴史

大阪・海遊館

### “Kurage-ginga”, a new jellyfish exhibition in Osaka Aquarium Kaiyukan

Takashi Murai

Osaka Aquarium Kaiyukan

#### 要約

海遊館で2018年3月にリニューアルオープンしたクラゲ展示施設「海月銀河」について、その概要と使用している水槽の構造について記載し、クラゲ類の飼育結果について考察した。

#### Summary

“Kurage-ginga”, a new jellyfish exhibition in Osaka Aquarium Kaiyukan started in March 2018 as a renovation, and tanks for jellyfish used in the exhibition are described and discussed.

#### はじめに

海遊館のクラゲ類展示施設は、旧来の「ふあふあクラゲ館」を全面改修し、2018年3月に「海月銀河」として新しくオープンした。本報では、その展示の概要および使用したクラゲの展示水槽の構造を記し、飼育結果について考察する。

#### 展示の概要 (図1)

クラゲ類の美しさを最大限に引き出せるような展示をめざした。そのため、展示室内を可能なかぎり暗くし、水槽の多くを展示通路内に独立して設置し、水槽内に最小限の照明を配して暗闇にクラゲの姿がうかびあがるような展示とした。さらに、天井

から多数のLED電球を吊り下げて点滅させ、壁面にクラゲの立体レリーフを配置するなどの演出を行った。

展示水槽は、独立して設置した円盤型水槽8基、壁際に設置した円盤型水槽2基、壁際に設置した大型の長方形水槽1基、独立して設置した皿型的水槽1基、独立して設置した球形水槽5基の合計17基とした。円盤型水槽、長方形水槽、球形水槽は水槽側面から観覧し、皿型水槽は水面から観覧する形態である。また、長方形水槽は観覧室内の側面と上面に鏡を配し、水槽を広く見せるような演出を施した。



図1.「海月銀河」展示室

## 水槽の構造

「海月銀河」で制作した4タイプ的水槽について、その形状について記載する。

### 1. 円盤型 (図2-a)

水槽本体は円盤を縦に置いた形状とした。水槽肩部にオーバーフローのためのスペースを付属し、水槽内部とは水槽形状にあわせて曲げたアクリル多孔板で仕切った。循環水はこの多孔板の上部に配したパイプから数点の吹き出し口に分け、多孔板と並行方向に水槽内に注入した。水槽上部には、メンテナンスのための開口部を設け、水槽形状に合わせた形状の中蓋を設置し、水面はこの中蓋下面よりも上になるようにした。この結果、水槽内部は真円に近い円盤形となった。サイズは、最も小型のもので直径780mm、奥行き370mm、大きなもので直径1500mm、奥行き1480mm (数値はすべて内寸)、材質はすべて透明アクリルとした。制作数は10基で、展示スペースに独立して設置または展示室壁面に設置した。

水槽維持のために、重力式濾過槽、ポンプ、冷却装置を備えたが、水槽設置の方法により、これらの維持装置を水槽の下部に配したものと、床下配管を介して別室に配置したものに分けた。濾過槽には濾材として砂を入れた。濾過槽に新鮮海水を少量注入できる配管を設置し、その量の排水ができるオーバーフロー管を設置した。

## 2. 長方形型 (図2-b)

水槽本体は、横に長い長方形の板状とし、底部両角に若干の丸みをもたせた。水槽片側にオーバーフローのためのスペースを付属し、水槽内部とは平たい塩化ビニル製の多孔板で仕切った。この多孔板上部水面付近とその反対側の水面付近に循環水を注入する配管を設置し、多孔板側の配管からは多孔板に並行に下向きに、その反対側の配管からは水槽中央に向けて水平に、それぞれ数点の吹き出し口から循環水を注入した。上部はそのまま開口し、蓋等は設置しなかった。サイズは、横幅内寸4570mm、深さ2290mm、奥行き内寸750mmで、展示側となる面に透明アクリルを用い、それ以外の部分はFRPで制作した。制作数は1基で、展示室壁面に設置した。

水槽維持のために、重力式濾過槽、ポンプ、冷却装置を水槽の背面に備えた。濾過槽には濾材として砂を入れた。新鮮海水を展示水槽に少量注入できる配管を設置し、その量の排水ができるオーバーフロー管を濾過槽に設置した。

## 3. 皿型 (図2-c)

水槽本体は楕円型に近い皿型で、底部に黒色円形のアクリル製プレートを設置し、この下に注排水のための配管を備えた。上部はそのまま開口し、蓋等は設置しなかった。サイズは、水面部の直径約1900mm、水深約342mmで、水槽本体は透明アクリルを用いた。制作数は1基で、展示室内に独立して設置し、観覧者は主に水面から水槽内部の展示生物を観る形状とした。

別室に集水槽を設置し、床下から水槽本体下部に配管した。濾過槽と冷却装置を備えず、ポンプで集水槽から水槽本体へ送水するのみの形とした。集水槽に新鮮海水を少量注入できる配管を設置し、その量の排水ができるオーバーフロー管を設置した。

## 4. 球形 (図2-d)

水槽本体は概ね球形で、底部にエアレーション用の配管を設置した。上部にはメンテナンス用の開口部を設け、水面は開口部のやや下方になるよう水量を調整し、水面部までを覆う形で開口部外側に蓋を設置した。水槽本体は透明アクリル製で、直径約360mmと260mmの2種類の大きさとした。設置数は5基で、展示室内に独立して設置した。

濾過槽、ポンプ、冷却装置等は備えず、水槽本体にエアレーションを施すのみの構造とした。

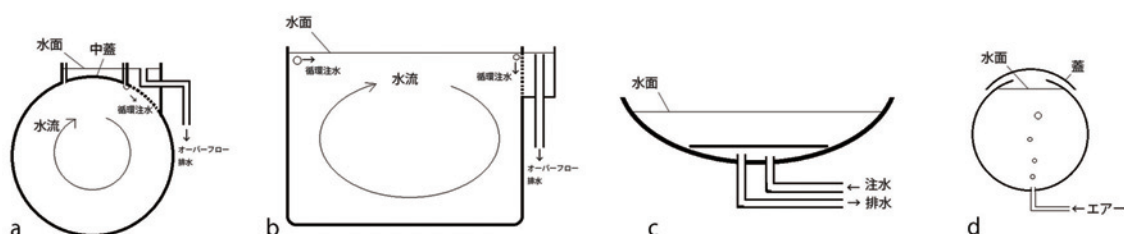


図2.海月銀河のクラゲ飼育水槽概略：a-円盤型、b-長方形型、c-皿型、d-球形 (いずれも縦断面)



## 飼育状況と考察

展示を開始した2018年3月から2018年12月までに、刺胞動物門および有櫛動物門のクラゲ類およびそのポリプ計23種について飼育展示を行った。水槽タイプごとに飼育結果を考察する。

### 1. 円盤型

展示種は、ヒトダマクラゲ *Cyanea lamarckii*、ユウレイクラゲ *C. nozakii*、サムクラゲ *Phacellophora camtschatica*、アカクラゲ *Chrysaora pacifica*、アトランティックシーネットル *C. quinquecirrha*、パシフィックシーネットル *C. fuscescens*、インドネシアシーネットル *C. chinensis*、プロカミアジェリー *C. plocamia*、ラクテアジェリー *C. lactea*、アマクサクラゲ *Sanderia malayensis*、ミズクラゲ *Aurelia coerulea*、キタミズクラゲ *A. limbata*、ビゼンクラゲ *Rhopilema sp.*、サカサクラゲ *Cassiopea sp.*、チチュウカイイボクラゲ *Cotylorhiza tuberculata*、カミクラゲ *Spirocodon saltator*、シロクラゲ *Eutonina indicans*、オワンクラゲ *Aequorea coerulescens*、ハナガサクラゲ *Olindias formosa*、カブトクラゲ *Bolinopsis mikado*であった。大きなものでは傘径約50cmのビゼンクラゲとユウレイクラゲ、小さなものでは傘径約1cmのアマクサクラゲであった。この水槽は、Raskoff et al. (2003) のpseudokreisel designと基本的な構造は同一であるが、中蓋を用いて飼育スペースを真円の円盤型としたところが特徴的といえる。真円型であることから、水槽内で円形水流を損なうことなく発生させることができ、飼育個体を中層位置にとどめる時間の割合が高かった。このため、個体と水槽壁面の接触が少なく、個体の損傷が軽微で、飼育成績は良好であった。一方、飼育作業で中蓋を脱着する必要があるため、現実的に頻繁な作業ができない欠点がある。展示室内に独立して配置した水槽では、営業時間中には事実上作業ができなくなり、飼育作業が可能な時間が極めて限定されることになる。頻繁な飼育作業が必要な種は飼育困難であろう。また、濾過槽等を別室に配置した水槽では、濾過槽と本体をつなぐ配管が長くなり、目詰まりなどのリスクが高いと懸念されるが、これによる不具合は現在のところ見受けられない。

### 2. 長方形型

展示種は傘径5～20cmのミズクラゲであった。Raskoff et al. (2003) のpseudokreisel designに似ているが、水槽本体が横長の長方形であることが異なる。2箇所の注水口により、長方形ながらも全体を回る水流を作ることができた。飼育成績は概ね良好だが、角部分に多少の乱流が生じ、飼育個体が巻き込まれて損傷したり、オーバーフロー部の多孔板に吸い込まれるなどの不具合が散見された。

### 3. 皿型

展示種は傘径4～7cmのブルージェリーフィッシュ *Catostylus sp.*であった。集水槽からの送水を強くするとその分の排水に飼育個体が吸い込まれる恐れがあり、水流を微弱におさえる必要がある。このため、水槽内に有効な水流を発生させることができ

ず、水温調節もできない。飼育可能な種類はきわめて限定される。循環濾過もできないことから、展示水槽では給餌を行わず、毎日個体交換を行い、予備水槽での給餌により個体を維持した。

この水槽はクラゲの飼育性能よりも展示効果を優先したもので、クラゲの飼育に関する欠点はあらかじめ想定されたが、諸条件を改善できれば、新たなクラゲ展示の開拓につながるかもしれない。

#### 4. 球形

展示種は、アカクラゲ、アマクサクラゲのエフィラ、ミズクラゲ、ブルージェリーフィッシュ、サカサクラゲおよびそのポリプ、エボシクラゲ *Leuckartiara octona*、マミズクラゲ *Craspedacusta sowerbii* で、大きなものでブルージェリーフィッシュの傘径約7cm、小さなものでは傘径約3mmのアマクサクラゲであった。循環濾過設備を欠き、エアレーションで水流を発生させる構造で、予備水槽としてバックヤードで小型個体の飼育に使用されることが多い形状である。これで小型のクラゲが飼育できることは経験的によく知られているが、ウォータバスなどの利用による水温調節と頻繁な換水作業が不可欠である。これに対し、今回のように展示スペースで独立して設置すると、水温調節と換水作業が大きく制限され、飼育可能な種は限定的にならざるをえなかった。このような小型水槽によるクラゲの飼育展示は、今後の改善の余地が多く残されているように思われる。

今回のリニューアルでは、主力水槽となる円盤型と長方形型では飼育結果は概ね良好で、クラゲを飼育する環境としては、ひとまず成功といえるであろう。いくつか改善すべき点はあるものの、これらが今後の発展につながれば幸いである。

#### 謝辞

「海月銀河」の企画、設計、施工、維持管理には多くのスタッフ関わった。関係者の皆様には深く御礼申し上げます。

#### 引用文献

- Raskoff, K. A., F. A. Sommer, W. M. Hammer and K. M. Cross. 2003.  
Collection and culture techniques for gelatinous zooplankton. Biol. Bull. 204: 68-80.

## やわらかい骨を持つ魚の話 (軟骨魚類博物誌)【10】

西田清徳

大阪・海遊館

### Natural history of Chondrichthyes 【10】

Kiyonori Nishida

Osaka Aquarium Kaiyukan

#### はじめに

昨年10月、私たち海遊館も参加する研究チームはジンベエザメを始めとするイヌザメ、トラザメ3種の全ゲノム解析に成功しました (Hara et al., 2018)。今回はその報告とともに、一番大きな、やわらかい骨を持つ魚「ジンベエザメ」と「海遊館」の驚きや発見に満ちた長い物語をご紹介します。

今では沖縄、海遊館、鹿児島、能登島、八景島など国内5箇所、海外でも数箇所の水族館でジンベエザメに会えますが (2018年11月14日現在)、30年前は世界中でも唯一、沖縄記念公園水族館 (現在の沖縄美ら海水族館) だけがジンベエザメを飼育していました。その頃、海遊館は環太平洋の生態展示を目指して開館準備中でしたが、その中心となる水量5,400tの太平洋水槽にはジンベエザメを泳がせたいと考え、沖縄記念公園水族館の協力を得て、開館直前に沖縄から大阪まで世界初の長距離輸送に成功、その時からこの物語は始まりました。

それから28年が経ち、私が大学院生の頃には夢のような話 (ヒトゲノムでさえ2003年に解読宣言されたばかり) だったサメの全ゲノム解析 (細胞の核に含まれるDNAの配列やその総量を解明する) が叶い、種を保全して生物多様性を守るという水族館の使命の一つにも貢献できました。

#### Introduction

October 2018, the research team, where Kaiyukan participated in, succeeded in whole-genome analysis of 3 kinds of sharks, Whale shark (*Rhincodon typus*), Brownbanded bambooshark (*Chiloscyllium punctatum*) and Banded houndshark (*Triakis scyllium*)

(Hara et al., 2018). In this part of series articles, including this report, I introduce a long story full of surprise and discovery on whale shark as the biggest Chondrichthyes and Kaiyukan.

Now we can see whale sharks in 5 places in Japan, Okinawa, Kaiyukan, Kagoshima, Notojima and Hakkeijima, and in several aquariums of foreign countries (as of November 14, 2018). However, 30 years ago, only Okinawa Memorial Park Aquarium (Okinawa Churaumi Aquarium at present) had bred a whale shark. At that time, Kaiyukan was under opening preparations aiming at the ecological exhibit of Pacific Rim and we were eager to let a whale shark swim to Pacific Ocean tank, which is our main water tank with water quantity of 5,400 tons. With the cooperation of Okinawa Memorial Park Aquarium, we could succeed in the world's first long-distance transportation, from Okinawa to Osaka, just before the opening. This story right began at time.

Then 28 years have passed, whole-shark \*genome analysis was completed which was a dreamlike story when I was graduate student (Even human genome was just declared decoding in 2003) and we could contribute to conserve the species and protect the biological diversity as one of aquarium's missions.

\*genome analysis: elucidate the DNA sequence and total amount included in the nucleus of cell

## ジンベエザメとの出会い

私が初めてジンベエザメに会ったのは約37年前、大学院生としてエイ類の標本を集めるために沖縄記念公園水族館を訪れた時です。全長4mを超えるジンベエザメがシノノメサカタザメ、メジロザメの仲間など他の大型サメ・エイ類を引き連れるようにゆっくりと泳ぐ姿は今でも忘れません。

ジンベエザメは非常に大きくなるため、大学や博物館にも全身の標本は無く、もちろん自然界でも簡単に出会えるサメではありません。当時も今も、水族館は世界中で唯一、大型のサメやエイの生態を長期間、継続的に研究できる場所であり、私も研究用の標本を集めるために、沖縄だけでなく全国で水族館のお世話になりました。

このように様々な水族館を訪れていたおかげで、私はオープンの1年余り前から海遊館に勤務することとなり、最初の大仕事の一つが、1990年7月に決まった海遊館のオープンまでにジンベエザメを収集、輸送、飼育を始めることでした。上述したように、その頃ジンベエザメを飼育展示しているのは沖縄記念公園水族館だけで、内田詮三館長（現在、美ら海水族館名誉館長）やスタッフの皆さんには多くのご協力をいただきました。

## 長距離輸送の進歩

私たち海遊館のスタッフにとって、初めてのジンベエザメの輸送は沖縄から大阪まで、何と43時間を超える記録的な長距離輸送でした。もちろん飼育経験が豊富な沖縄記念公園水族館の皆さんにも協力していただきましたが、丸二日間に亘る長距離の輸送は誰もが初めて、緊張の連続であつという間に過ぎてしまった覚えがあります。

沖縄では漁師さんの大きな生け簀を借りてジンベエザメ（メス：初代「遊ちゃん」です）を収容、餌付けを行い（図1）、健康状態を確認して輸送日を決めました。生け簀从那覇港まではトレーラーに載せた専用の輸送容器に海水を入れて、ゆっくりと走りながら運びます。本シリーズ軟骨魚類博物誌【3】でも紹介したように、ジンベエザメなど軟骨魚類は肋骨が未発達であるため、水から出して運ぶと自重で内臓を傷めてしまうので、常に海水と共に輸送します（西田、2011）。那覇港から大阪南港までは大型のフェリーにトレーラーごと乗船、途中は船の消火栓から外海の海水をポンプで汲み上げ、輸送容器に注ぎます。40時間の船旅中は特別に許可をいただいて車両甲板に降り、輸送容器のジンベエザメの様子をチェックします。

船酔いも忘れて、30分ごとにジンベエザメの呼吸数（口の開け閉め）や尾の振り方、体色など変化が無いかを確認します。那覇港を出航して数時間後、呼吸数に変化はありませんが、尾の左右への振り方が小さくなり、時々、尾を振らなくなりました。しばらく見ていると思い出したように振り始めるのですが、体色も薄く（やや白っぽく）なっているような…。参考に出来る前例は無いのですが「ヒトなら貧血状態では無いか」と判断して、海の中で泳いでいる時のように尾を左右に振ってやることにしました。最初は輸送容器に入って手で押そうとしましたが、巨大な尾は簡単に動きません。最後はジンベエザメに跨って足で左右に動かしました。すると、最初は私たちの補助に合わせて尾を振り、数分経つと自分で力強く左右に振り始め、体色もみるみる普段の灰緑色に復活しました（西田、2001）。

その後は大きなトラブルも無く、「遊ちゃん」を海遊館の「太平洋水槽」に無事搬入することが出来ました。この沖縄からの40時間を超える輸送は、ジンベエザメの呼吸、尾の振り、血液の循環、体色の変化など、多くのことを私たちに教えてくれました。今、思い出すと、何も知らない初めての輸送で、準備や観察不足も多々ありましたが、その後の基本となる「小さいけれど重要な一歩」であったと確信しています。

初代「遊ちゃん」はこのように沖縄で収集して大阪まで輸送しましたが、その後は土佐清水市の以布利を始めとする高知県の太平洋沿岸の定置網に入網するジンベエザメを港の生け簀や以布利センター（大阪・海遊館海洋生物研究所以布利センター）で餌付け、健康チェックした上で大阪の海遊館まで運んでいます。また、海遊館の太平洋水槽で飼育展示して大きくなったジンベエザメを再び、高知の以布利センターまで運び、自然の海に馴致した上で放流するので、高知と大阪間の輸送（それでも10時間以上かかります）は30回近く行いました。1990年の第1回輸送以来、輸送方法は少しずつ改善され、専用の輸送容器も3代目となり、フェリーや専用船を利用したり（図2）、陸路をトレーラー（図3）で走ったり、出来るだけ安全に輸送してジンベエザメの負担を減らすことに努めてきました。

現在の輸送容器には、走行中も容器内のジンベエザメの状態を確認できるようにカメラや照明が備わり、水温など簡単な水質もトレーラーの助手席から確認できるようになっています（図4）。容器の内装もジンベエザメの頭部、胸鰭や尾鰭が当たったり、擦れたりしてもダメージが少ない材質を選びました。船による水上輸送とは異なり、外海

水を使用できないトレーラーによる陸送では、新鮮な海水を積んだ活魚車に併走してもらい、いつでもきれいな海水を補充できる体制も整えています。これだけの時間と経験に基づく改善を重ねましたが、今でも「より安全な輸送」を目指す挑戦は続いています。



図1. 遊ちゃんの餌付け（沖縄で漁師さんに借りた生け簀）



図2. 高知・大阪間のフェリー、車両甲板にて



図3. 陸送トレーラーに載せたジンベエザメ専用輸送容器



図4. トレーラーの助手席で専用輸送容器内のジンベエザメの状態をチェック

### ジンベエザメのために研究所？

前章に、初代「遊ちゃん」のあとは、漁師さんが高知県の太平洋岸に設置した定置網に入網するジンベエザメを餌付けして運んだと書きましたが、オープン後数年はシーズン（5月末～9月末）になると室戸岬近辺や土佐清水市の以布利近辺の民宿をお借りして長期滞在し、早朝4～5時から漁師さんの船に乗せてもらい、展示用の魚類を集めていました。年に数回ですがジンベエザメが入ることもあり、時には全長7～8mもある大型の個体を見つけた漁師さんが「ほら、ジンベエが入ってるぞ、持って帰れ！」と…。

私たちの目的はジンベエザメの収集だけでなく調査にもあるので、大型の個体でも可能な限り、海に入って全長を測り性別を確認して、その後、漁師さんと一緒に網から出して黒潮の海に放してやります。普段、餌付けや輸送を行う全長4～5m以下の個体と比べると、このような大型の個体は力も強く、十分に気をつけていないと跳ね飛ばされそうになります（経験談）。

このような活動がオープン以来数年続いていたのですが、調査研究を行うにも、海の生け簀で餌付けを行うにも、急な寒波や大雨など天候変化や夏から秋の台風が大きく影響することがわかりました。そこで、展示用魚類の収集、蓄養、大阪への搬出、

自然豊かな周辺海域の生物相や生態の調査研究を行うために、当館独自の施設を作ることになりました。それが、土佐清水市以布利にある「大阪・海遊館海洋生物研究所以布利センター」です。

センターのある以布利漁港には、オープン以前から何かとお世話になっていましたが、展示生物の収集や調査研究の目的を説明すると、地元の皆さん、土佐清水市、高知県が喜んで協力して下さり、1997年9月24日に水族館独自の研究所としては世界でも珍しい宿泊もできる立派な研究所を開設することが出来ました(図5)。

この研究所の初仕事は、3年後にせまる海遊館の10周年記念事業の一環で、京都大学、高知大学との共同研究を進めることとし、各大学の先生や学生さんと海遊館のスタッフで以布利周辺海域の魚類生態を調査して「以布利 黒潮の魚」(中坊他、2001)という本にまとめました(図6)。この本はのちに「高知県学術出版賞」をいただきました。

この本の中にもジンベエザメを扱った部分があり、当時の新知見を含めています。実は、未だに理由を解明できていないのですが、当時、何個体かのジンベエザメを間近に観察出来たので気付いたことがあります。それはジンベエザメの尾鰭上葉の先端が、(図7)のように必ず2又(二つに分かれている)していることです(西田、2001)。この2又の謎、私の怠慢かもしれませんが、まだ解明できていません。泳ぐ時に流体力学的に効率的になる?など何か理由がある筈だと思うのですが…。

また、センターで初めて飼育した全長4m85cmのオスのジンベエザメが急に不調となり、1998年4月21日に死亡したため、死因を解明するための解剖を行い、胃の中からプラスチックの櫛を見つけたこともありました(図8)。最終的には、自然界を泳いでいる時に浮いている櫛を餌と一緒に間違っって飲み込み、それが胃壁を傷つけて潰瘍となり、胃内壁出血の悪化による死亡と判断しました。

このジンベエザメの死を無駄にしないよう、胃の中から出てきた櫛は、今でも子供達に見てもらい「海や地球のことを考えてもらう」きっかけ作りに利用しています。

また、解剖したジンベエザメのデータは、従来の研究では詳細に示されていなかったため、すべての骨格と一部の筋肉の状態を図示して、近縁種との系統解析(図9)も行いました(後藤・西田、2001)。

以布利センターではそれからも、イトマキエイやニタリなど様々な珍しい魚類の飼育に成功、大学や専門機関の研究者との共同研究も行われていますが、「今でも水族館には珍しい研究所の存在はジンベエザメのお陰では?」と思うことがあります。



図5. 1997年9月に開設された「大阪・海遊館海洋生物研究所以布利センター」

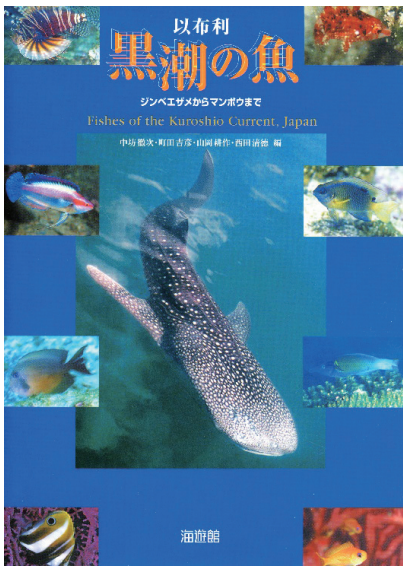


図6. 京都大学、高知大学との共同研究  
「以布利 黒潮の魚」

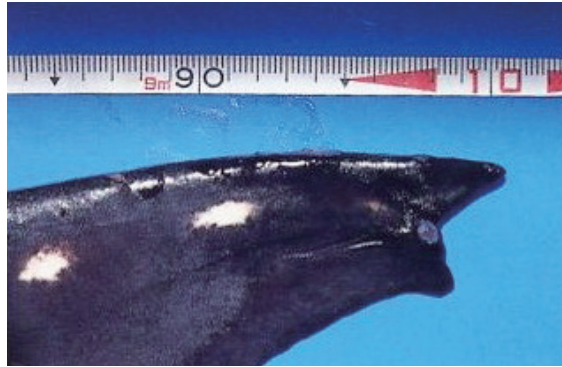


図7. 先端が2叉するジンベエザメの尾鰭上葉



図8. 死亡したジンベエザメの胃内で発見された  
プラスチックの櫛

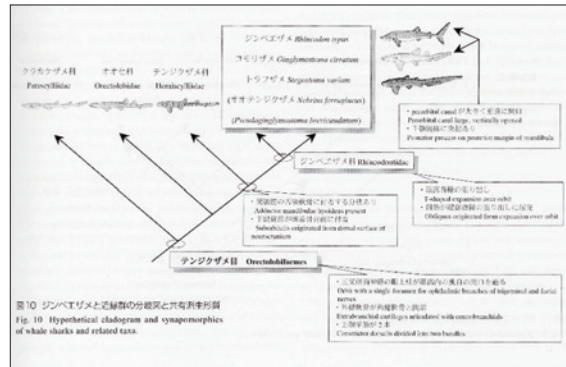


図9. ジンベエザメと近縁種の系統解析(後藤・西田、2001)  
Fig. 10 Hypothetical cladogram and synapomorphies  
of whale sharks and related taxa.

## 飼育して判ること

初代「遊ちゃん」以来、漁師さんの定置網に入網した個体、生け簀に移動して餌付けを試みた個体、大阪まで輸送して飼育展示した個体、大きくなって再び高知沖の海に放流した個体など、私たちが出会ったジンベエザメは100頭近いと思います。その中で、飼育を試みたジンベエザメは3分の1くらいでしょうか。まだまだ十分な経験とは言えませんが、これらの出会いから感じるのはジンベエザメと言う魚の個性(多様性)です。オスとメス、成長段階はもちろん、同じような大きさの同じ性別でも「のんびり屋」「神経質」など明らかに違うと感ずることがあります。

科学的ではありませんが、多くのジンベエザメを長く飼育して感ずるのは「ジンベエザメの個性」、水族館の飼育係として生物を擬人化し過ぎるのは良くありませんが、ジンベエザメと言うステレオタイプの1個体と言うより、多様な個体の集まりがジンベエザメと言う種を形成しているように感ずます。



私たちは、実はこの個性に苦労することが多いのです。飼育の初期段階として私たちが与える餌を食べるように「餌付け」する必要がありますが、中には生け簀に収容した翌日から餌の匂いに反応して口をパクパク、すぐに食べだす個体、今まで高い確率で餌付けに成功したオキアミなど見向きもせず、シラスや活きた小魚に反応して食べだす個体、数週間も頑固に食べないで、健康状態への影響を考慮して餌付けを諦めて放流した個体など、ジンベエザメの個性は飼育係の心労の原因にもなります…。

餌付けや健康チェック、海遊館への輸送も無事に終了したジンベエザメに関しては、給餌の際に寄ってくるスピード、餌を飲み込む勢い、給餌中に離れないで一生懸命食べているかなど毎日の記録が欠かせません。また、毎日決まった時間に水槽のどの辺りをどのように泳いでいるかを記録し、排便があれば回収して消化状態のチェックも行います。自ら「苦しい」「痛い」と言えない動物たちのためには、毎日の観察で少しでも早く異常を見つけて可能な限り対処することが重要です。

こうした日々の観察の中には、その動物の生態や生理に関する新知見が含まれていることがあります。特にジンベエザメのように大型で自然界における継続観察が難しい種に関しては、珍しい行動など記録されることもあり、大学や専門機関の研究者もその成果に期待しています（西田、2009）。

ジンベエザメの個性で「神経質」という言葉を使いましたが、長年、飼育観察を続けると様々な刺激に対する微妙な反応、さらに個体による反応度合いの違いに気付くこともあります。これは2017年に出版された「The Elasmobranch Husbandry Manual II (板鰐類飼育マニュアルII)」という本に、当館の研究チームが発表した内容 (Ito, et al., 2017) ですが、館内で工事を行い、ドリルなど電動工具を使用した際にジンベエザメの泳ぎ方が変わったり、餌の食べ方(食欲)にも影響が出ることが判ったのです。さらに、2011年の東日本大震災当時に飼育していたジンベエザメの行動観察から、地震直後の行動変化だけでなく、その後に続いた大きな余震の際にも行動に影響が出ていたことが判りました。ジンベエザメという大きな魚の外界からの刺激に対する反応は、長期間の飼育と観察を続けて初めて報告されたのです。

水槽を泳ぐジンベエザメの観察を続けていると、どのくらいのスピードで泳いでいるのかが気になり、水槽内の長さが判っている2点間を泳ぐのに要する時間を何度も計り、通常ジンベエザメが落ち着いている場合は時速2km前後で泳いでいることが判りました。

また、これは大学院生時代に沖縄記念公園水族館の方から聞いたのですが、ジンベエザメは時々、排泄孔から腸を30～40cm出して振り回し、おそらく未消化物を排出している(腸洗い?)とのこと。これはジンベエザメだけでなく、他のサメやエイでも見たという話を他の人からも聞いていたので半信半疑ながら気になっていました。その後、ある宿直の晩、夜間の見回り中にその瞬間は訪れ、私の目の前でジンベエザメが少し早く泳ぎ、体をくの字に曲げたかと思うと、排泄孔からベージュ色の腸らしきものが30cmほど出てきてブルブルン、辺りはあっと言う間に褐色の靄に包まれました(図10)。この行動はその後も何度か他の係員も観察しており、私の幻覚ではありません(最近では何度か映像記録もあります)。さらにナンヨウマンタやイトマキエイでも

同様の「腸洗い？」を観察していますが、その目的やどのように腸？を外に出して振り回すのか、科学的に理解したいものです。



図10. ジンベエザメの「腸洗い？」

地球上で最も大きな魚ジンベエザメを飼育展示していると、良く聞かれるのが「水槽のダイバーは食べられないの？」「何をどのくらい食べるの？」など餌に関する事。もう一つは「最大の長さは？」「体重は何キロ？」など大きさに関する質問です。

これもジンベエザメの個性？を考慮すると断定できませんが、先ず水槽のダイバーは安全でジンベエザメに食べられることはありません（これは断定できます）。ご存知のようにジンベエザメは小さなプランクトンを粗いスポンジのような鰓で濾しとって食べるので、歯も退化して、食道も狭く、おそらく直径数cmのものしか喉を通りません。次に餌の種類や量ですが、これは難しい質問です。海遊館ではナンキョクオキアミやイサザアミ、サクラエビ、シラス、細かく切ったイカなど、実績もあり安定して比較的容易に入手できる餌を与えています。一方、自然界のジンベエザメは、好みの餌を追いかけることもあるでしょうが、基本的にはその時期やその場所に生息する餌を食べているはずですが、したがって「餌の種類」を断定するのは困難です。「餌の量」については、太平洋水槽で飼育展示中の全長5m前後のジンベエザメには毎日5～6kgの餌を2回に分けて与え、成長も順調で健康も維持していますが、これも大きくなると少しずつ増やす必要があります。かなり前になりますが当館の担当者が飼育中の2個体について餌の量や成長について考察しています（北藤・山本、1998）。実際、自然界では必要な量の餌に毎日めぐり合う可能性はむしろ低く、食べられる時にはお腹いっぱい食べて、空腹を堪えながら餌を捜すことも多いのではないのでしょうか。

地球上で最も大きな魚と言われるだけにジンベエザメの最大全長は気になります。以前は全長20mとも言われましたが、実際に測定した記録は残っていません。釣った魚が話すたびに大きくなっていく現象？と同じく、20mには誇張が含まれていると思われる。現状では信頼できる計測記録から「ジンベエザメはおそらく12m以上に成長することがある」という表現が適切ではないのでしょうか。

その体重となると、さらにあやふやです。当館でも以前に何例か剖検（死亡原因を突き止めるための解剖）した時、パーツごとの重さを足し算した結果を推定体重として、他のジンベエザメの体重推定に利用していますが、あくまで推定の域を脱しま

せん。因みに昨年11月1日の「計量の日」に行った定例の計測では遊ちゃんの全長が5.77m、推定体重が1400kg、海くんは全長5.47m、推定体重1200kgでした。

毎年11月1日に行うジンベエザメの全長測定、当初はジンベエザメが水面近くを泳ぐ際のコースを推定して、水槽の上部に設置されたキャットウォーク上を二人の係員が走り回り、出来る限りジンベエザメがまっすぐになった時の2点間の距離で全長としていました。ただ、これではあまりにも…。そこで、予めジンベエザメが良く泳ぐ深さにダイバーが基準尺(50cmごとに目盛りを付けた棒)を持って潜り(図11)、その棒をビデオカメラからパソコンに取り込みます。次にその場所をジンベエザメが泳いだ時の画像を同じビデオカメラで取り込んで、できるだけジンベエザメの体の中心線に沿って点と線でつなぎます。この線の長さで基準尺の長さから比例換算してジンベエザメの全長を測定するのです(北藤・山本、1998)。ただ、この方法でも、ジンベエザメは常に水平には泳がないので、最低でも100回以上測定して、その平均値を採用しているのです。

ジンベエザメを輸送する場合には、直接メジャーを当てて計測できるので、実はこれが一番正確な方法なのです。とにかく、水の中、相手が生き物となると様々な克服すべき問題が発生して、何でも一筋縄ではいかないことを思い知ります。最近ではハイテクな画像処理技術も開発されているので、将来はさらに簡単な方法で水槽内を泳ぐジンベエザメの全長を正確に測れるかもしれません。



図11. ジンベエザメの全長測定のため基準尺を持って潜水する

## ハズバンダリートレーニング

2012年9月、南アフリカのケープタウンにおいて世界水族館会議が開催されました。その会議には当館の獣医師が参加して「ハズバンダリートレーニングによる魚類の健康管理」という発表を行い、参加者である世界中の水族館の方々の注目を集めました。最初に「ハズバンダリー」という言葉ですが、辞書によると「さわる、取り扱う」などの意味があり、水族館や動物園業界では概ね「飼育する動物にストレスを与えず触れるように訓練する」ことをハズバンダリートレーニングと呼びます。

このトレーニング、水族館では主にイルカの仲間やアシカの仲間に健康診断するために行われてきました。例えば、体温を測るために体温計を直腸に挿入したり、血液検査のために注射針を刺したり。無理やり行えば、その意味を理解していない動物たちにとってはストレス満載です。そこで、日ごろからの信頼関係を作り、私たちが健康診断

で腕を差し出すように、イルカも尾鰭を出してくれるようにトレーニングするのです。

皆さんも水族館で飼育されるイルカやアシカの展示解説やショーを見て「なるほどイルカやアシカなら、動物たちが飼育係を信頼して、十分に練習すれば出来るのかな…」と思われるかもしれませんが。でも魚はどうでしょうか？池の鯉や水槽の金魚は人影を見つけると、餌を貰おうと寄ってきて口をパクパクしますが、世界最大の魚ジンベエザメは私達に採血させてくれるのでしょうか？

そこで当館の魚類環境展示チームは獣医師を中心にジンベエザメのハズバンドリートレーニングを始めたのです。トレーニングには高知県にある当館の研究所、以布利センターの協力も得ました。

まずは、水槽の中でジンベエザメが立ち泳ぎをしながら餌を食べている時に、ダイバーが水中でジンベエザメに近づくことから始まります。この段階はどの個体でも比較的簡単にクリアできます。次はもっと近づいて、時にはジンベエザメの体を触ります。この段階ではすぐに慣れる場合と少し嫌がる場合もあります。次に、ダイバーが硬くて細い棒を持って近づき、採血する部分に押し付けます。これをクリアできると最終段階は針の付いた注射器を持って近づき、実際に採血です。この注射器は人の場合と異なり、ジンベエザメが立ち泳ぎするために体を動かさないので、ジンベエザメもダイバーも怪我をしないように、点滴の時に使うような細い柔らかなチューブの先に針が付いた特製の注射器を使います(図12)。

トレーニング終了後、この採血の成否はダイバーの針を刺す腕にかかります。私たちが見る限り、細い針が刺さることで驚いたり嫌がったりするジンベエザメは少なく、むしろ、あの大きな体で厚い皮膚のジンベエザメの血管にベストな角度で針を刺す私たちの技術が問題になるのです。

このハズバンドリートレーニングによる採血(図13)のおかげで、ジンベエザメの健康管理の精度が高まり、また、後述するジンベエザメの全ゲノム解析が可能となったのです。

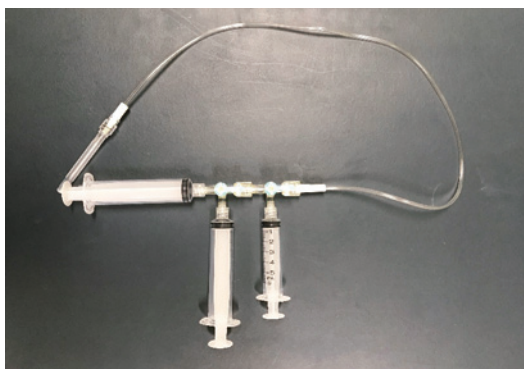


図12. ジンベエザメの採血に使用する注射器



図13. ジンベエザメの採血風景  
(立ち泳ぎで摂餌中にストレス無く採血)

## ジンベエザメの旅路

最初に紹介した、1990年に沖縄で捕獲して大阪まで長距離輸送した遊ちゃんですが、太平洋水槽に搬入した時は4m7cm、1998年11月に残念ながら死亡した時は7m76cmと倍近くの大きさになっていました。上記したようにジンベエザメはまだ大きくなりますから、近年では大阪で飼育展示したジンベエザメを輸送可能なサイズ（全長6m程度）の間に高知の研究所以布利センターまで運び、「お客様に様々な感動を与えてくれた感謝を忘れず」自然の海に馴致して放流しています。

実は、この放流するジンベエザメには、もう一働きをお願いしています。当館では約30年に亘るジンベエザメとの付き合いで、ジンベエザメが日本の太平洋側に出現するのは沖縄周辺は4月前後から、高知周辺では5月以降、和歌山から千葉沖には初夏以降という傾向があると感じていました。詳しく調べれば、ジンベエザメの旅路（回遊経路）を解明できるかも知れません。

そこで、生物に発信機を付けて人工衛星で信号を集めて行動を解析するバイオロギングの専門家、北海道大学の宮下和士先生のご協力を得て、ジンベエザメに発信機（図14）を付けて放流することにしました。発信機を付ける場所や方法も、出来るだけ負担が少なく、さらに泳ぎの邪魔にならないようテストを繰り返して決めました。

また、陸上生物に付けた発信機は常に上空の人工衛星と電波で繋がっていますが、ジンベエザメを始め魚類の場合は鰓呼吸で水面に出る必要が無いため、常に電波が届かない水中で生活しています。そのため、発信機にはタイマーを付けて一定期間後にジンベエザメから切り離されて水面に浮かび、そこから電波を発信する仕組みを取り入れています。当初は1ヶ月後、次に3ヶ月、6ヶ月と延ばし、現在は1年後に切り離される発信機を付けたジンベエザメが太平洋を泳いでいます。

その成果ですが、（図15）をご覧ください。これは6ヶ月の発信機のデータですが、2015年10月に高知県の以布利センター沖で放流したジンベエザメが翌年の4月頃にはフィリピン沖まで南下して辺りを泳いでいるのが判ります。次に、1年間の発信機からデータが得られれば、太平洋南西部でジンベエザメがどのように回遊しているかを解き明かす証拠となるかもしれません。



図14. ジンベエザメに付ける発信機

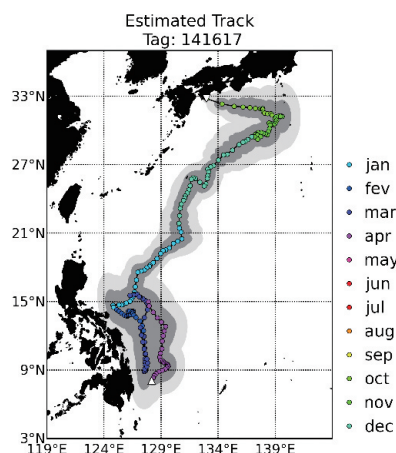


図15. ジンベエザメ半年間の旅路

## そして、全ゲノム解析!!

昨年10月10日、海遊館の太平洋水槽が見える部屋で、私たち共同研究チームは記者発表を行いました(図16)。この研究チームは理化学研究所生命機能科学研究センターの工樂樹洋先生を中心に美ら海水族館の佐藤圭一副館長、大阪市立大学理学研究科の寺北明久教授、東京大学大気海洋研究所の兵藤晋教授を始め、海遊館のメンバーも加えて5施設24名から構成されています。研究論文は英国のオンライン科学雑誌「Nature Ecology and Evolution」(10月8日付け：日本時間10月9日)に掲載されました。

論文タイトルを和訳すると「サメのゲノムを解読 –サメの進化・生態の解明への新たな手がかり–」となります。前述したようにゲノム解読とは、細胞の核に含まれるDNAの配列やその総量を調べることです。今回は美ら海水族館と海遊館で飼育中のジンベエザメ、海遊館で飼育中のイヌザメ、理化学研究所で飼育中のトラザメ計3種のゲノムを解読できました。中でも、ジンベエザメのようにワシントン条約でも保全が求められているサメの解析が可能となったのは、上述したハズバンダリートレーニングにより飼育中の個体からストレス無く採血できたことが大きな要因です。また、ゲノム解析については海遊館の窓口となって研究に取り組んだ喜屋武が「イヌザメの発生研究」というタイトルで紹介していますので、そちらもご覧下さい(喜屋武、2019)。

今回、解読した3種のサメのゲノム情報は他の研究者にも公開されるため、さらに他のサメやエイとの関係、軟骨魚類と硬骨魚類、魚類と他の脊椎動物など進化の流れを解析する際の基本情報として役立つことは間違いありません。また、遺伝子と生理や生態との関係を探っていけば、水族館における飼育・繁殖・展示、自然界の希少種の保全に貢献することも可能となります。

皆様も15年前に「ヒトの全ゲノムが解読された」というニュースをお聞きになったかと思います。当時、解読技術の飛躍的な進歩に助けられ、当初の予想より随分と早く解読されたこともニュースになっていました。私が大学院でサメ・エイの系統解析を行っている頃は、全ての遺伝子の配列を明らかにするなど、SF(サイエンス・フィクション)のような話で、ひたすら標本の骨格や筋肉、神経の走り方など肉眼か顕微鏡で比較して進化の系統樹を描いていました。それが、2003年にはヒトで実現され、とうとうサメでも実現、しかもその研究チームに加わったことは軟骨魚類(やわらかい骨を持つ魚)に関わる者として名誉であり、大きな喜びでした。

今回の成果は、研究チームのそれぞれが得意な分野で謎の解明に取り組み、理化学研究所の工樂先生を中心としたチームワークで個々の結果をコーディネートできたおかげだと感じています。

因みに、昨年11月18日(日)、この研究成果をより判りやすく一般の方にも紹介するために「海の大型動物にDNAで迫る」というタイトルで理化学研究所と海遊館のコラボトークイベントも開催しました(図17)。68名の参加者の中には徳島県や愛知県より来られた方もいて、皆さん、熱心に工樂先生や海遊館スタッフの話に耳を傾けて下さいました。



図16. 記者発表時写真(左から美ら海水族館の佐藤圭一副館長、理化学研究所の工樂樹洋博士、著者)



図17. 「海の大型動物にDNAで迫る」トークイベント

## おわりに

連載10回目となる軟骨魚類博物誌、今回は海遊館のシンボリック的存在でもあるジンベエザメをテーマに28年を超える驚きと発見に満ちた長い物語を振り返ってみました。当館の計画段階で、大阪に新しく創造される水族館のテーマは「環太平洋火山帯(リング・オブ・ファイア)」と「環太平洋生命帯(リング・オブ・ライフ)」であり、可能な限り生息環境を再現した「生態展示」を行って、ヒトも含めた生き物と地球は互いに密接に関係するという「ガイア理論」を楽しく学んでいただく館「海遊館」となることが決まりました。実はこの時点でジンベエザメと海遊館の長い物語は始まっていたと思います。

今回ご紹介したジンベエザメとのエピソード、まだ、一つも終了したものはありません。輸送方法の改善、飼育して次々と判ること、さらに進んだハズバンドリートレーニング、ジンベエザメの旅路、目に見えないゲノムから始まる命の世界、立ち止まって少しだけ振り返ってみました。これから海遊館にできること、海遊館がすべきことは、まだまだたくさんあるようです。

## 引用文献

北藤真人・山本研. 1998. 海遊館におけるジンベエザメの飼育. 動物園水族館雑誌 39 (2) : 47-54.

喜屋武樹. 2019. イヌザメの発生研究. かいゆう 22 : 1-11.

西田清徳. 2001. 水族館から. In 魚のエピソード(魚類の多様性生物学) : 248-259 尼岡邦夫編著. 東海大学出版会.

西田清徳. 2009. 高知県以布利(いぶり)の魚を調べる. In 研究する水族館(水槽展示だけではない知的な世界) : 74-84 猿渡敏郎・西源二郎編著. 東海大学出版会.

西田清徳. 2011. やわらかい骨を持つ魚の話(軟骨魚類博物誌)【3】. かいゆう 15 : 20-29.

西田清徳. 2017. やわらかい骨を持つ魚の話(軟骨魚類博物誌)【8】. かいゆう 19 : 41-52.

Hara Yuichiro, Kazuaki Yamaguchi, Koh Onimaru, Mitsutaka Kadota, Mitsumasa Koyanagi, Sean D. Keeley, Kaori Tatsumi, Kaori Tanaka, Fumio Motone, Yuka Kageyama, Ryo Nozu, Noritaka Adachi, Osamu Nishimura, Reiko Nakagawa, Chiharu

Tanegashima, Itsuki Kiyatake, Rui Matsumoto, Kiyomi Murakumo, Kiyonori Nishida, Akihisa Terakita, Shigeru Kuratani, Keiichi Sato, Susumu Hyodo and Shigehiro Kuraku. 2018. Shark genomes provide insights into elasmobranch evolution and the origin of vertebrates. *Nature Ecology & Evolution*.

Ito Takaomi, Shuji Sodeyama, Satoshi Takeuchi, Kiyoko Onda, Hiroshi Obata and Kiyonori Nishida. 2012. Fish Health Management by Husbandry Training. In. *Proceedings of the International Aquarium Congress*. Cape Town, South Africa.

Ito Takaomi, Kiyoko Onda and Kiyonori Nishida. 2017. Effects of noise and vibration on the behavior and feeding activity of whale sharks, *Rhincodon typus* (Smith, 1828), in Osaka Aquarium Kaiyukan. In. *The Elasmobranch Husbandry Manual II: Recent Advances in the Care of Sharks Rays and their Relatives: 159-167*. Mark Smith et.al. eds. Ohio Biological Survey, 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  
スプリングー・ゴールド (1992) :「サメ・ウォッチング」(仲谷一宏・訳監修) 平凡社  
田中彰 (2012)「サメ大図鑑 海の王者のひみつがわかる」PHP  
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) :「サメー海の王者たち」ブックマン社  
仲谷一宏 (2016) :「さめ先生が教えるサメのひみつ10」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



## 展示生物4種をミニ企画展に

冨澤奈美 石川恵 伊藤このみ 青木香澄 高山紀代

大阪・海遊館

**The mini-special exhibit with theme of 4 different exhibiting species.**

**Nami Tomisawa, Megumi Ishikawa, Konomi Ito,  
Kasumi Aoki, Noriyo Takayama**

**Osaka Aquarium Kaiyukan**

### はじめに

海遊館4階のビューイングルーム(3.3m×11m 総床面積36.3㎡)にて、2017年4月から2018年4月まで、ミナミイワトビペンギン、ラッコ、カマイルカ、コツメカワウソをテーマとしたミニ企画展を開催しました。これまでも不定期にパネル展や写真展を同場所で行っていましたが、年間を通してシリーズ化した企画展は今回が初めてとなります。

きっかけは同場所にて開催したパネル展「メガマウスザメって知ってる?!」でした。メガマウスザメを学術解剖した様子を紹介することで、飼育だけではなく海遊館が行っている研究分野についての情報発信を行うことができました。アンケートの結果からも大変好評を得ており、普段、当館で行っている様々な研究、飼育展示に関する成果を紹介する場所として、このビューイングルームが最適ではないかと判断しました。

ミニ企画展とは、従来行っている1年単位の企画展と比べ、テーマを絞り、開催期間は短く、小規模、低予算で基本的に生体を展示しない企画展と位置づけました。また、企画展だけでなく、連動したイベントも開催しました。

### Introduction

From April 2017 to April 2018, a mini-special exhibit had been held, as the theme of Southern Rockhopper penguin, Sea otter, Pacific whitesided dolphin and Asian small clawed otter, at the viewing room (3.3m×11m, total floor space: 36.3㎡) on 4th floor in Kaiyukan. Although panel or photo exhibitions were held irregularly at the same place, it was the first time to hold serialized special exhibit through the year.

The start was the panel exhibit “Do you know Megamouth shark?” which was held at this place. By introducing academic dissection of Megamouth shark, we could provide the information about not only animal husbandry but Kaiyukan’s research field. The results of questionnaires showed a great favorable reception and we determined this viewing room was the most suitable place to introduce the results on several reserches, husbandry and exhibition in Kaiyukan.

Mini-special exhibit is positioned as the special exhibit without exhibiting live animal basically and with limited theme, short period, small scale, low-budget, in compare with the usual special exhibit on 1 year unit. We also held connected event while opening mini-special exhibit.

### プロジェクトチームとテーマについて

はじめに係員の中から希望者を募り、海獣環境展示チームから2名、魚類環境展示チームから1名、普及交流チームから2名の計5名でプロジェクトチームを結成し、テーマを持ち寄り、年間計画を作成しました。開催期間は、ミナミイワトビペンギンは人工授精や産卵孵化の時期に、ラッコは、海遊館生まれで当館唯一のラッコ「パタ」の誕生日に合わせました。その後カマイルカとコツメカワウソの順に開催しました。

年間を通して4つのテーマを開催予定でしたが、カマイルカの企画展開催期間中の2017年10月10日、ラッコの「パタ」が老衰により死亡しました。「パタ」はお客様から人気が高く、熱心なファンも多かった為、急遽カマイルカの企画展を中断し、10月14日～11月26日まで、お客様の気持ちを受け取る場としてラッコ「パタ」の写真展を開催しました(表1)。

テーマ	実施期間	実施日数
1. ミナミイワトビペンギン	4/28～6/25	59日間
2. ラッコ	6/28～8/27	61日間
3. カマイルカ	9/1～10/12	43日間
ラッコ写真展	10/14～11/26	44日間
3. カマイルカ	12/1～1/21	52日間
4. コツメカワウソ	1/26～4/8	73日間

表1. ミニ企画展年間スケジュール (あみかけ部分は急遽実施したラッコ写真展)

### 「ぴょんぴょんぴょーん！ミナミイワトビペンギン ひな誕生への道のり～」

当館では2011年からミナミイワトビペンギンの人工繁殖に取り組んでおり、2016年には世界で初めて同種の「人工授精」に成功しました。人工授精によるヒナの誕生は多くのメディアに取り上げられ、世間の注目を集めました。研究の成果をさらに多くの方に知ってもらうことを目的に、ミニ企画展では「ミナミイワトビペンギンの繁殖」と「人工繁殖研究」を中心に紹介しました。人工授精という少し難しいテーマを分かりやすく、親しみのある企画展にするには、どのように表現すればよいか悩みました。そこで、タイトルに擬音語を入れ、展示室の入口付近のカーペットにペンギンの足跡をデザインし(図1)、お子様でも興味を持って展示室内に入りやすいようにしました。またハンズオンの手法を取り入れ、当館で飼育しているオウサマペンギン、アデリーペンギン、ミナミイワトビペンギン3種の実物大擬卵の大

きさ比較ができるコーナーや(図2)、顔出しパネル、育雛の様子を再現した等身大ぬいぐるみ(図3)なども設置しました。

「よちよち歩きでかわいい」というイメージの強いペンギンですが、ミナミイワトビペンギンは他種のペンギンとは違い、両足をそろえてピョンピョンと飛び跳ねて移動します。また気性が荒く喧嘩っ早い性格をしています。しかし気性の荒さとは裏腹に、ペアの絆は非常に強く愛情深いことも特徴のひとつです。このような特徴も紹介しながら、子育ての様子、ヒナの成長記録など親しみやすい内容も加えました。人工繁殖研究については、研究風景の写真やイラスト、動画、人工授精成功時の新聞記事を使用し、できるだけ分かりやすい説明を心掛け、展示の最後には、エピローグとして、この研究が飼育下および野生下のミナミイワトビペンギンの保全に役立つことを願っているという私たちのメッセージを掲げました。

順路の関係で、お客様はミナミイワトビペンギンがいる「フォークランド諸島(マルビナス)」水槽をご覧になる前にミニ企画展を見学することとなり、この二つの展示の関連付けに難しさを感じました。今後は展示水槽側でも、ミニ企画展の案内パネルや連動した解説板を設置するなど工夫し、より効果のある展示にしたいと考えます。

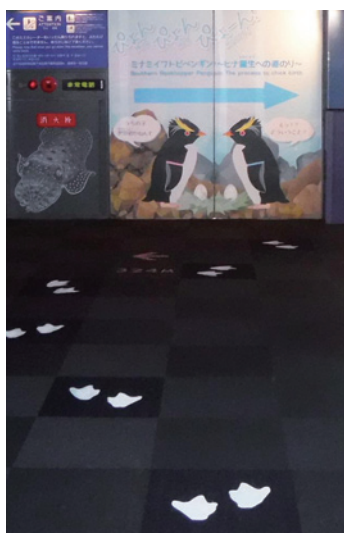


図1. ペンギン足跡デザイン



図2. 3種の擬卵展示コーナー



図3. 育雛風景の再現

### 「さあ、パタろう！～ゆるかわラッコ展～」

ラッコ展では、とにかく楽しく学ぶことを目的に内容を構成しました。パタが21歳を迎え、水族館で生まれたラッコの日本国内最高齢となったことから、パタの生い立ちや個性について紹介する一方、日本国内での繁殖率低下や海外からの新規個体導入が難しく、ラッコの飼育頭数が減少の一途をたどっていることも紹介しました。展示パネルは手描きのイラスト(図4)を多用し、親しみやすさ、読みやすさを意識しました。赤ちゃんラッコの剥製やパタが生まれたときの映像を展示したほか、パタが使ったおもちゃや餌のレプリカを手にとって、ラッコのレプリカと写真撮影できるコーナーを設置しました。

お客様の遊び心なのか、ラッコの頭に餌のレプリカが器用に乘せられているなど(図5)、様々なアレンジを加えられた様子を閉館時に見つけることが、私たち係員の密かな楽しみになっていました。

また本企画展の構成を練る段階で、過去のラッコ飼育にまつわるエピソードや歴史を知り、より多くの情報をお客さまに伝えたいという思いが強くなり、本企画展開催当日にイベントを開催しました。イベントについての詳細は後述します。



図4. 手書きイラスト(一部)



図5. ラッコのレプリカ

### 「女子力全開！カマイルカ～育女たちの子育て～」

カマイルカの繁殖は難しく、当館が妊娠・出産・子育てに対して、どのような取り組みを行っているのかを知ってほしいという思いを、ミニ企画展で形にすることにしました。

当館では、2001年から2018年までの間に12例の出産があり、1年以上生存したのは4例で、内1頭が現在も生存している「アクア(8歳)」です。

「育女」という言葉は、野生のカマイルカがメスの群れで子育てする様子を表現するために、メンバーが連想した言葉でできた造語です(図6)。この展示では、2010年の出産の際にメスだけの群れを作り、野生に近い状態で出産と子育てを行えた経験を、イラストや写真を使い紹介しました。出産時の映像やカマイルカの子どもの全身骨格標本を展示し、通りかかったお客様のアイキャッチとなるよう工夫しました。本展示会場は出入り口が1つしかないため、左側の側に設置したパネルから奥へ進み時計回りに流れるよう、カーペット

に進行方向を示したイルカのシルエットをデザインし(図7)、全身骨格標本を展示室の中心に設置することで一方通行の強制動線を作りました。また、照明の角度を調整し、全身骨格標本の入ったガラスケースへの映り込みを最低限に抑え、見やすくしました。

今回はミニ企画展のみの開催となりましたが、連動してカマイルカを展示している「タスマン海」水槽での給餌体験や解説ツアーを企画すれば、さらにカマイルカに興味を持っていただける企画になると考えます。



図6. 入り口の案内



図7. 通路中央に設置した骨格標本と床のシルエット

### 「カワウソおったー (otter)!! コツメカワウソのホントのおはなし」

ミニ企画展を通して、「かわいい」というイメージの強いカワウソの「かわいくない」姿や、当館で暮らすカワウソファミリーの強い社会性や家族性、骨格標本をベースにした体の仕組みからみた能力、特性について紹介しました(図8)。当館での繁殖実績や子育て、赤ちゃんの成長記録については他の企画展同様にイラストや映像を用いました。カワウソが普段使用している寝袋やおもちゃ、お客様が手にとって自由に閲覧できるように当館のブログで紹介した内容をまとめたノートも用意しました(図9)。沢山ある過去のブログの中からカワウソの記事だけを集めてまとめると3冊にもなりました。

最近では人気のペットとして話題が上がっていますが、その影響で、絶滅が危ぶまれるコツメカワウソの生息地で、ペットとしての販売目的で密猟や密輸が行われている問題が指摘されています。2003年に関西国際空港で2頭のコツメカワウソの赤ちゃんの密輸が見つかった際に当館で保護した経緯や、密輸途中で死亡したため、空港のゴミ箱に捨てられていた赤ちゃんの写真や関係記事も紹介しました。コツメカワウソの密輸問題が身近に起きているという現状を知り、ペットとして飼育することがカワウソたちにとって本当によいことなのかを、お客様に考えてもらうきっかけになったと思います。展示していたブログ集を冊子にして発売するなど連動した企画もできれば、より良かったと考えています。



図8. 展示パネル



図9. 寝袋やおもちゃとブログ集の展示

## イベント開催について

地元の子ども会からミナミイワトビペンギンの世界初人工授精成功とヒナの成長を応援する手作りの切り絵を頂きました(図10)。そのお礼も兼ねて、ミナミイワトビペンギンのミニ企画展開催中の4月30日に子ども達との交流イベントを開催しました。はじめにペンギンの生態や日本における飼育下繁殖の問題点、人工授精がなぜ必要なのか、そして実際に人工授精で使った道具などを紹介しました。またペンギンの巣材として使用する「よしず」の準備作業(図11)や擬卵作りに挑戦してもらいました。よしずは日よけなどに使われる植物の茎を編んだ簾で、長いよしずを約30cmの長さに切ってもらい、巣材として実際に使用しました。擬卵は本物のペンギンの卵殻に石膏を詰めて固めたもので、ペンギンの抱卵時に使用します。

また、ペンギンについて楽しく学ぶことを目的に、係員からペンギンの生態情報や飼育管理にまつわるお話を聞きながら「イワトビペンギンをねんどで作る」当日参加型ワークショップも開催しました。4日間で、合計249名のお客様が参加されました(図12)。

ラッコのミニ企画展では、開催日当日の6月28日が「パタ」の誕生日ということもあり、誕生日イベントを開催しました(図13)。事前募集の14名のお客様と朝の給餌を見学後、おもちゃにメッセージを寄せ書きしてもらい、代表して2名のお客様に「おもちゃ」と「飼育係員特製水ケーキ」をパタへ手渡してもらいました。その後、パタを誕生当時から知っている係員、当時の担当者、現在の担当者を交えたトークイベントを展示室内で行いました。少人数ということもあり、パタ誕生時の様子や歴代ラッコについて、お客様から活発に質問が出る活気のあるイベントとなりました。また、ミニ企画展と合わせて飼育員が撮影したパタの写真集を製作、販売したところ大変好評を得ました。(図14)。



図10. 子ども会から頂いた切り絵



図11. 巣材(よしず)を切る作業



図12. ねんどを使ったワークショップの様子



図13. 誕生日イベント風景



図14. 飼育員特製ラッコ写真集

### まとめ

今回初めて異なる4つのテーマで年間を通して合計288日間、ミニ企画展を開催しました。しかし、スケジュールがタイトとなり、開催後に内容を修正したり、展示パネルを設置後に位置や区切りの改良点が見えてくることもありました。また、ミナミイワトビペンギンとラッコの開催時期は繁殖期や誕生日イベントなどとの兼ね合いで開催時期を限定したため、好評であっても次のテーマに切り替えなければならず、カマイルカやコツメカワウソと比べて開催期間が短くなってしまいました。今後、テーマ毎のスケジュールや、効果的な展示期間、タイミングを事前に検討することが課題です。

来館者アンケートには、「人工授精の話が良かった」「手書きのイラストをLINEスタンプにして欲しい」「カマイルカのエコー写真が可愛かった」などのご意見を多くいただきました。ミニ企画展は、表記やイラストを工夫したわかりやすいパネルと、写真コーナーなど楽しめる場所を作ることで、普段伝えきれていない様々な調査・研究についてお客様に広く周知できる展示であることが分かりました。今後も、お客様への情報提供の場として改善を重ねミニ企画展を継続していきたいと思えます。

## 海遊館のできごと (2018年1月～2018年7月)

### Major Occurrence

2018年

12月28日～1月8日	「海遊館でミッケ！」を開催
1月13日、27日	「夜ヨガ&夜の海遊館」(女性限定、計2回)を実施
1月26日～2月4日	オニさんダイバーを実施
1月26日	プレミアムフライデーナイトツアー (「エクアドル熱帯雨林」水槽編)を実施
1月26日～4月8日	ミニ企画展「カワウソおっちゃん!!コツメカワウソのホントのおはなし」を開催
1月27日	ゴマファザラシの赤ちゃん誕生
2月7日	大阪府立大学と学術交流協定を締結
2月10日～14日	生き物たちにバレンタイン(コツメカワウソ、アカハナグマ、カピバラ)開催
2月10日～18日(毎土日祝)	冬ラボ海遊館「はんこでエコバックを作ろう！」を開催
2月23日	プレミアムフライデーナイトツアー (「タスマン海」水槽編)を実施
3月3日～11日(毎土日)	海遊館おとまりスクール(グループ対象、計2回)を開催
3月17日	「海月銀河」オープン
3月17日～25日(毎土日祝)	春ラボ海遊館「ダンボールクラフトでサメを作ろう！」を開催
3月18日～4月22日(毎土日・春休み中)	「海月銀河」オープン記念「海月銀河ツアー」を開催
3月24日～25日	おでかけスクール「海月銀河オープン記念企画 クラゲの不思議を知り、採集から展示まで体験できる 飼育員と過ごす2日間の旅」を開催
3月30日	プレミアムフライデーナイトツアー (「モンタレー湾」水槽編)を実施
4月7日～22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
4月13日～7月16日	ミニ企画展「大阪湾ってすごいやん!～生徒たちが見た地元の海～」を開催
4月17日～5月31日	ジンベエのぼり掲揚(ジンベエザメ、クラゲ、ペンギン、クマノミ他25体)
4月26日	近畿大学と包括連携協定を締結
5月12日～27日(毎土日)	海遊館おとまりスクール(幼児対象、計3回)を開催
5月16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(1群1頭確認)
5月19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(荒天により中止)
5月26日	「おとなワークショップ～チャーム作り～」を実施
5月26日～27日	春ラボ海遊館「カワウソの塗り絵をしよう」(世界カワウソの日関連)を開催
5月26日～30日	カワウソ解説・特別版(世界カワウソの日関連)を実施
5月30日	「おとなツアー カワウソ編」を実施
6月2日～7月8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(大雨により1回延期)
6月9日、10日、16日、17日	特別講座「タコ壺作りに挑戦！」を開催
6月13日	「新クラゲ展示施設、海月銀河について」近畿ブロック水族館飼育係研修会にて発表 「魚類捕獲におけるプロポフォルの口内投与について」近畿ブロック水族館飼育係研修会にて発表
6月13日、16日、18日	ミナミイワトビペンギンの赤ちゃん計3羽誕生
6月16日	「おとなツアー ペンギン編」を実施
6月17日、25日	カリフォルニアアシカの赤ちゃん計2頭誕生
6月18日	大阪府北部地震のため臨時休館
6月19日、20日	ジェンツーペンギンの赤ちゃん計2羽誕生
6月23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(荒天により中止)
6月29日	「アリュシャン列島」水槽リニューアルオープン エトピリカとサクラマスの展示を開始
6月30日	「おとなワークショップ～海月銀河のハーバリウムづくり～」を実施
7月13日	新体感エリア北極圏ワモンアザラシ水槽リニューアルオープン
7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(発見なし)
7月20日	「おとなツアー アザラシ編」を実施
7月20日～11月11日	ミニ企画展「1か月だけママ～ゴマファザラシ「ダイヤ」の赤ちゃん子育て～」を開催
7月21日、22日、23日、24日	「あわであそぼう」を開催
7月21日、22日、28日、29日	夏休みナイトツアー(小中学生以上を対象)を実施
7月28日～30日	おでかけスクール「飼育員と一緒にジンベエザメの研究所に行こう！」を開催



## 海遊館のできごと (2018年8月～2019年1月)

8月3日	「おとなツアー アシカ編」を実施
8月5日	「おとなワークショップ ～海を感じるチャーム作り～」を実施
8月10～12日、17～19日	「真夏に雪が降る！」を開催
8月18日、19日、26日	夏休みナイトツアー (大人対象)を開催
8月18日～26日 (毎土日)	夏ラボ海遊館「おさかなペーパーキャップを作ろう！」を開催
8月23日、10月22日	オウサマペンギンの赤ちゃん計2羽誕生
9月1日～23日 (毎土日)	海遊館おとまりスクール (女性対象、計4回)を開催
9月4日	台風21号上陸のため臨時休館
9月7日	入館7500万人記念セレモニーを開催
9月15日～24日 (毎土日祝)	秋ラボ海遊館「ボディペイント」を開催
9月19日	「エリスロポエチンを使用したコツメカワウソの慢性腎不全による貧血治療について」近畿ブロック臨床研究会にて発表
9月23日	「おとなツアー 北極の魚編」を実施
9月23日	「おとなワークショップ ～はじめての書画～」を実施
9月29日～30日	海遊館おとまりスクール (男性対象)を開催→台風接近のため12/1～2日に延期
9月30日	台風24号接近のため臨時休館
10月6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(荒天により中止)
10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
10月14日	「おとなワークショップ ～苔テラリウム作り～」を実施
10月20日、27日	「ママ&ベビーヨガ」(赤ちゃんと母親限定、計2回)を実施
10月21日	「おとなツアー ペンギン編」を実施
10月22日	「サメ3種のゲノム解析」研究成果説明会を実施
11月1日	ジンベエザメの全長計測を実施
11月3日～25日 (毎土日)	海遊館おとまりスクール (小中学生対象、計4回)を開催
11月6日～10日	「Approaches to Improve Artificial Breeding of <i>Eudiptes chrysocome</i> 」、 「Approaches to DNA Research at Kaiyukan」世界水族館会議にて発表
11月9日～3月3日	「海遊館イルミネーション2018」を開催
11月16日～1月31日	ミニ企画展「まんぼうラボ」を開催
11月17日～25日 (毎土日祝)	秋ラボ海遊館「光る！クラゲねんどを作ろう！」を開催
11月18日	海遊館×理研BDRのトークイベント「海の大型動物にDNAで迫る」を開催
11月18日	「おとなワークショップ ～スマホで簡単。動画撮影のコツ～」を実施
11月22日～23日	海遊館おとまりスクール (夫婦対象)を開催
11月25日	「おとなツアー 海遊館の水のヒミツ編」を実施
11月26日	「マンボウにおける尿検査を用いた健康管理指標の検討」水族館技術者研究会にて発表 ※ベストプレゼンテーション賞を受賞
12月1日～25日	サンタダイバーを実施
12月1日～16日 (毎土日)	冬のプレミアムバックヤードツアーを実施
12月5日	「カマイルカの出産時対策」海獣技術者研究会にて発表
12月13日、15日、17日、21日、27日	ペンギンバックヤードツアーを実施
12月16日	「おとなツアー アカハナグマ編」を実施
12月22日～25日	冬ラボ海遊館「ペンギンの羽でストラップをつくろう！」を開催
12月23日～25日	イルミネーションアカペラライブを開催
12月23日～25日	クリスマス限定パーソナルガイドツアーを実施
12月23日	「海遊館のサメ類における鰓孔の機能」板鰓類研究会にて発表
12月25日	サプライズイベント「アクアメッセージ」を実施
12月29日～1月6日	館内イベント「ちがいがわかる?!」を開催
2019年	
1月1日～3月24日	ペンギンバックヤードツアーを実施
1月19日	「おとなツアー マンボウ編」を実施
1月19日、26日	「冬ヨガ&夜の海遊館」(女性限定、計2回)を実施
1月25日～2月3日	オニさんダイバーを実施
1月26日	「おとなワークショップ ～ステンシルで海のウッドプレートづくり～」を実施



海遊館  
OSAKA AQUARIUM KAIYUKAN

かいゆう  
OSAKA AQUARIUM MAGAZINE "KAIYU"

Vol.22 (通巻30号) 2019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  
<https://www.kaiyukan.com/>

印刷 蟹印刷株式会社



海遊館

OSAKA AQUARIUM KAIYUKAN