特集：研究する動物園 5

第 18 回日本野生動物医学学会大会 学術委員会主催自由集会 2012 年 8 月 24 日（金）

水族館における研究四段活用のススメ

寺沢文男

新江ノ島水族館 〒251-0035 藤沢市片瀬海岸 2-19-1

Recommendation for Four Applications of Research in Aquarium

Fumio TERASAWA

Enoshima Aquarium, 2-19-1 Katase-kaigan, Fujisawa, Kanagawa 251-0035, Japan

ABSTRACT. Initially, an aquarium veterinarian is responsible for the treatment of the marine mammals. Therefore, it is hard to say whether or not they have been conducting research. For example, in Japan there is no standard dosage for drugs used with marine mammals. However, it has become possible to show drug dosage administration through the writing of case reports respectively. There is a great deal of data concerning the daily and monthly measurement of body temperature, blood, weight, etc. Therefore, any physiological and/or clinical change will be shown in this data, and should be reanalyzed. In addition, the data contained in studbooks allows us to know data values for animals in captivity at the national level. For cooperative research, aquarium veterinarians not only support animal care for research, but also write research manuscripts. In conclusion, I would like to state that research for the aquarium veterinarian will lead to building a clinical foundation for the marine mammals.

Key words : case report, cooperative research, husbandry behavior, marine mammals, studbook

Jpn. J. Zoo. Wildl. Med. 18 (1) :11-16, 2013

序 論

水族館の社会的機能の 1 つとして、研究があげられていることは周知のことである。しかしながら、我々、水族館の獣医師は日々の動物の臨床、業務に追われており、「研究する水族館」として十分に機能せず、業績が残せていないのが現状である。

水族館における研究は、館外の大学、研究機関に対しては門戸が年々開かれてきているものの、館内の職員、獣医師に対しては研究成果を求めるより、ショーあるいは展示を中心とした動物の臨床が第一に期待されている。そのため、水族館では職員が研究をするという土壌が培われているとはいえず、一人一人のやる気に依存している感が否めない。

水族館における研究の現状は、我々、現役の職員が十分に取組んで来なかったことが、少なからず影響しているであろう。これから 10 年、20 年、30 年先の水族館での研究のあるべき姿を見据え、後輩たちが研究に取り組みやすい環境を創るのは、我々の仕事であり、今からでも大いに研究を始めるべきである。

第 18 回日本野生動物医学学会大会の自由集会「研究する動物園 5」において、筆者は発表する機会をいただいた。そこで本稿では、水族館の獣医師としてどのようにして研究に取り組むべきか、そもそも、「研究する水族館」とは何かを自分なりに

考えた。我々の日常業務の中にどのようなテーマがあるのか、筆者独自の観点から 4 つの標題を掲げ、事例、知見や私見を交えながら、論文を執筆するうえでの心得を列挙した。

1. 症例を有効に活用すべし

水族館の獣医師の仕事は、動物の臨床が第一である。

我々が取り組むべき研究としては、日々行っている症例をまとめることを勧める。実際、筆者も症例報告 [1-5] を執筆してきた。残念ながら、すべて死亡した症例であり、新たな治療方法を施したわけではないものの、記録としては残る。

現在、我が国では海獣類における薬剤投与量の基準は存在しておらず、各園館では独自の量で投与しているに過ぎない。日本動物園水族館協会のアンケート調査によると、抗菌薬の投与量も園館ごとで異なり、例えば、同じバンドウイルカでも ABPC（アンピシリン）の注射投与量は 0.8 ～ 22.7 mg/kg [6] で、20 倍以上の幅があることが分かった。

新水族館建設中、当館ではラッコを飼育することができず、委託飼育先において妊娠末期に母体内で胎子が死亡し、オキシトシン 5、10、20 単位、プロスタグランジン F2 α 10mg をそれぞれ投与したものの墮胎せず、最終的に帝王切開後に母親は麻酔から覚醒することなく死亡した [3]。その後、他館で妊

娠中のゴマファザラシが破水したが分娩には至らず、ラッコへ投与した量を参考にしてオキシトシン 4 単位を投与し、死亡した胎子の排出に成功した [7]。当館で 1 日も飼育していない、母子ともに死亡したラッコではあるが、症例を有効に活用したことにより、ゴマファザラシ 1 頭が救われた例であると自負している。

一般の来館者に広く知られ、記憶に残る症例では、記録として残すことを勧める。近年、飼育動物が死亡すると、それぞれの公式ホームページにおいてその事実を掲載している水族館が多い。しかしながら、それは一時的な告知に過ぎず、恒久的なものとするためにも症例報告として執筆すべきである。

新水族館開館 2 年目、当時人気を博していたミナミゾウアザラシ (図 1) が食欲廃絶となった翌日に急死し、経口投与も含めて全く治療が行えなかった。死亡後 1 時間以内に採取した血液より、*Clostridium perfringens* A 型、*Clostridium* sp. を含め 5 種類の細菌が培養された。解剖および病理組織学的所見より、肺気腫、急性カタル性腸炎、腎盂結石を伴う慢性間質性腎炎、リンパ節萎縮が示された [5]。

一周忌までに本学会誌に症例報告として掲載されることを目標に執筆し、実際に活字となったときには、死亡後山のように献花された方々に対して、その動物がなぜ死亡したかを答えられたかのように、水族館の獣医師として少し安堵した。また、執筆をするうえで、様々なことを調べて、*Clostridium* 属感染症は鯨類 [8] ばかりではなく、鰐脚類でも散発的に発症していることも分かった。

治癒した症例では使用薬物やその投与量をまとめることで、薬剤投与量の基準となり、死亡した症例では死因を究明することも臨床の一環と考え、思い入れのある動物、その症例を恒久

的に残すという意味合いでも、症例報告として執筆すべきである。学会や研究会において発表することでも要旨が残る。他の人がそれを引用し執筆を繰り返していくことで、海獣類での獣医学の礎になるであろう。我々、水族館の獣医師としてすべきことは、これまでであれば眠っていたような症例を、より多く活用すること、残すことを勧める。

2. 日々のデータを再活用すべし

海獣類では受診行動による健康管理が充実している [9]。

水族館で日々蓄積される、血液、体温および体重など、臨床的なデータは膨大であり、それらを 2 回以上活用して分析することを勧める。1 回目はそのとき、その個体の状態把握として活用し、2 回目以降はそれらをまとめ、再活用することで、種としての生理的な、あるいは病的な変動を知ることができる。

血液性状はこれまでに、バンドウイルカの健康診断のデータを再活用した [10-13]。摂餌による影響として、TG と BUN は増加し、Cl は減少した。一方、絶食の影響として、T-Bil と FFA は増加した [10]。これらのことから、バンドウイルカにおいても、空腹の早朝で一定時刻に採血をすることが望まれる。また、例えば、長時間の輸送後では絶食による影響を考慮する必要がある。CRE、T-Cho や FFA では季節変動がみられること [11]、TG、T-Cho や FIB では妊娠変動をしていること [12, 13] をまとめた。生理変動を調べることは、その値の背景を知ることでもあり、異常値の早期発見にも繋がると考えている。他には、日内変動、成長期、加齢、産褥期の母体の変動など、調べるべき項目は山積している。

慢性化膿性肺炎で死亡したオキゴンドウの血液性状と体温変動を 7 年間で比較した結果、TP が最も早期に増加し、3 か月後に月平均体温、4 か月後に FIB と WBC が類似に増加した。TP の増加は、鯨類においても急性相反応物質であるハプトグロブリンを含む α_2 グロブリン分画が最初に増加した結果であると推測した [4]。

体温の再活用も行った。バンドウイルカの出産直前の体温下降 [14] は、国内外を問わず小型鯨類の出産時における指標とされている。本論文では、出産 12 ~ 24 時間前の体温下降を捉えることで出産予知が可能とした。その後の観察で、もう少し早い時間から下降傾向を示しており、そこで今回、出産直前の体温変動の再検証を行った。

新江ノ島水族館に移行後の 2004 ~ 2012 年の正常出産 6 例を用いて、96 時間前から出産直前までの体温変動を調べた (表 1)。基準とした平均体温は前回 [14] 同様、出産 1 ~ 10 日前とした。72 ~ 96 時間前の最低体温はそれぞれの平均体温値よりも 0.0 ~ 0.5℃ (平均 0.2℃)、48 ~ 72 時間前 0.1 ~ 0.5℃ (0.3℃)、24 ~ 48 時間前 0.1 ~ 0.9℃ (0.6℃)、24 時間以内

図 1 新水族館開館で飼育されていたミナミゾウアザラシ

表1 バンドウイルカ妊娠個体の出産直前の体温変動

国内登録 番号	出産 1 ～ 10 日前 平均体温	出産前体温* ¹				出産時刻
		72 ～ 96 時間前	48 ～ 72 時間前	24 ～ 48 時間前	24 時間以内	
541	36.5 ± 0.3(19) * ²	36.3	36.1	36.1	35.6	2004/07/26 10:33
254	36.2 ± 0.2(19)	36.1	35.8	35.7	35.5	2005/05/20 13:35
670	36.3 ± 0.1(8)	36.3	36.2	35.4 * ³	ND * ⁴	2005/06/08 23:40
254	36.1 ± 0.4(13)	36.1	35.7	35.2 * ³	34.1 * ³	2008/06/12 13:45
600	35.9 ± 0.4(9)	35.4	35.4	35.8	ND	2011/05/24 06:06
525	36.2 ± 0.2(20)	36.1	36.0	35.7 * ³	35.5 * ³	2012/06/01 22:26

*¹: 各時間最低体温

*²: 平均体温 ± 標準偏差 (測定回数)

*³: 出産 10 日前までの体温の中で有意差のあった値 ($p < 0.05$)

*⁴: 体温測定できず

0.7 ～ 2.0℃ (1.1℃) 下降した。有意差 ($p < 0.05$) のあった体温は 24 ～ 48 時間前で 3 例, 24 時間以内は 2 例であった。なお, 24 時間以内では 2 例で体温測定ができていないこと, 1 例で 5 時間前が 34.1℃であった。今回の結果をまとめると, 96 時間前から多くの個体でわずかに下降し始め, 72 時間前からすべての個体となり, 48 時間前で有意差のある下降となる個体もあり, 24 時間以内の下降が最も大きいことも分かった。先の論文 [14] の内容に加えて, 48 時間前の体温でも出産予知ができる可能性が示唆された。

日々蓄積される, データ量は膨大であっても一水族館の飼育頭数には限りがあり, 同じ個体を繰り返し採血しているに過ぎない。そのため, 場合によっては個体変動の方が生理変動の範囲より大きいことが否めない。限られた飼育頭数を補ううえで, 互いに引用し合ううえでも, 多くの水族館がデータを再活用することを勧める。

3. 膨大なデータベースを活用すべし

ゴマフアザラシの血統台帳を分析している [15-17]。

野外調査で得られる動物の情報には限りがある一方, 水族館, 動物園での頭数にも限りはあるが, 例えば, 母親, 父親, 出生年月日, 死亡年月日など, 不明な部分はあるものの, 野生と比べて飼育下の動物ではより正確な情報がある。それを年単位で, 動物ごとにまとめたものが, 血統台帳である。

日本動物園水族館協会では, 1986 年より種保存活動の一環として血統台帳を作成しており, 現在ではおよそ 150 種を対象としている。新江ノ島水族館ではゴマフアザラシを担当 (図 2) し, 今は筆者が種別調整者を務めている。血統台帳は個体の血統を知るだけでなく, それぞれの動物の膨大なデータベースでもある。ここでは, 興味深い本種の知見をいくつか紹介する。

2004 年までの台帳を分析した結果 [15], 保護地点が明らかかな個体の中で, 90%以上は彼らの生息域である北海道であり, 次いで青森であった。一方, 最も遠い地点としては, 宮崎, 佐賀で保護されたことがある。最も多く保護されたのは 5 月で, 年齢は当歳であった。保護された翌日に最も多く死亡し, 初めの 1 週間に死亡個体の 50%以上が集中した。これらの死因としては, 衰弱死, 肺炎の順で多く, 両者を合わせると, 全体の 70%以上を占めていた。

2006 年までの台帳を分析した結果 [16], 繁殖個体の出生月は 3 ～ 4 月が多く, 中でも 3 月下旬, 3 月中旬, 4 月上旬の順であった。一方, 6 ～ 8 月には死産, 流産を含めた繁殖例がなく, 着床遅延の時期が示唆された。しかしながら, 9 月下旬におよそ 15cm の胎子を超音波検査で観察した報告 [18] があり, 着床遅延の時期はもう少し早い可能性もある。出生性比

図2 日本動物園水族館協会種保存活動の一環として開催された第1回日本動物園水族館協会ゴマフアザラシ会議。この会議の開催は新江ノ島水族館が担当。

図3 バンドウイルカ推定妊娠 62 日目の超音波診断像
この妊娠日齢において胎芽が確認された。左上の図は本描出画像の超音波診断風景。

は雄 102 対雌 100 であり、ほぼ同数であった。死産、流産を含めた繁殖個体の出生時の生存率は 64.7%であったものの、1 年後には 49.0%まで下降した。

2008 年までの血統台帳を分析した結果 [17]，繁殖および保護個体の雄、雌ではともに、8 歳時において出産数は最多であった。最小年齢は、繁殖雌 2 歳 9 か月において死産があった。保護および不明（由来）個体の雌でも同様に、2 歳以上での出産記録があった。一方、最高齢では保護雌 32 歳で出産し、その子供は 1 年弱生存した。死産、流産を含めた最多繁殖関与数としては、雌 12 回、雄 17 回だった。しかしながら、2012 年までの報告 [19] によると、雌が 17 回（台帳未登録 3 例）繁殖していた。連続繁殖としては 6 年 6 頭が最多であり、4 年 5 頭（双子 1 組）の記録もあった。繁殖に適する年齢があることが示唆された。

一症例を活用することの大切さは先に述べたが、血統台帳は 1 年ごとにそれらを凝縮したものである。多くのゴマフアザラシの情報を活用した、保護個体の状況 [15]，飼育下繁殖の状況 [16, 17]，寿命は、我が国での飼育下の概要を知るうえでは有益である。第 18 回日本野生動物医学会大会でポスター大賞を受賞された、キリンの発表 [20] も血統台帳を活用した

全頭的調査で、日本での卵巢機能を明らかにした。

4. 大学、研究機関を大いに活用すべし

水族館は、大学、研究機関の研究を受け入れている。

筆者らは、健康管理の一環で得られた海獣類の超音波画像を用いて、基礎的な研究を共同で行っている。ヒトや小動物での超音波検査の知見を元にして、これまでにバンドウイルカの肺炎の画像診断の試み [21]，妊娠全期間の胎子の観察 [22] を発表した。超音波検査の他にも、様々な共同研究を実施してきた。

飼育下鯨類の疾病の過半数を占める呼吸器疾患 [8]，なかでもヒトや小動物では描出が難しいとされる、肺に重点をおいている。健康なイルカの胸膜は超音波が反射しやすく、体側では放射された超音波の胸膜面と体表との間で反射を繰り返し、胸膜面と平行に多重反射（A ライン）が起こる。胸骨側ではヒトの肺水腫の診断指標である、肺表面で高輝度に反射をするコメントサイン様所見（B ライン）を認める。血液検査で TP および FIB の増加がみられたバンドウイルカ 1 例において、右肺体側で A ライン消失、B ライン出現、胸膜肥厚および不正を認めた。抗生物質の投与によって、血液データおよび超音波画

像が改善した。これらの画像が、肺炎の初期であったかどうかは不明であるが、今後も継続的な観察を実施したい。

ヒトでは妊娠 4, 5 週に胎嚢および White Ling, 妊娠 8 週までに胎芽を確認できるとされ、バンドウイルカでは妊娠 27 日目（最終交尾基準）に 10mm 弱の胎嚢, 妊娠 40 日目に White Ling, 妊娠 62 日目に胎芽（図 3）を確認した。妊娠初期、発生段階は時間的にヒトと大差はなかった。妊娠 132 日目、胎子頭大横径 3.6cm で、母親の産道を向いていた。妊娠 222 日目、胎子頸部が湾曲し始め、母親の頭と同じ向きであった。妊娠 383 日目、母親右腹部に胎子の背鰭～尾柄部、同左下腹部に胎子頭部を確認した。妊娠 387 日目に出産した。出産 4 日前に胎子頭部が母親の産道を向く頭位であったが、出産時には胎子は尾鰭から出た。おそらく、今回の出産時には胎子は子宮内では尾位で、拡張した子宮角内の先端に胎子頭部があり、それが産道を向いており子宮が収縮することで、出産時には胎子は尾鰭から出たものと推測した。

超音波検査ばかりではなく、水産庁の委託研究としてカマイルカを用いた代謝実験では 10 年間共同で行った。その一環として、呼吸後の血液ガスの変動を調べた [23]。イルカが呼吸を止めた状態で、尾鰭腹面より連続して 3 頭から各 5 回の実験を行い 178 検体の血液を採取した。その間、 P_{O_2} は 152.5 mmHg から 21.8 mmHg に下降し、 P_{CO_2} は 31.8 mmHg から 83.6mmHg に増加した。また、pH は 7.54 から 7.25 に劇的に下降した。わずか 1 回の呼吸の間に血液はアルカリ血症から酸血症に変化していると推測された。これらの結果から、カマイルカの呼吸では血液ガスは大きな変動しており、ボーア効果によって酸素親和性を効率的に変えることで、肺で酸素を取り込みやすくし、末梢組織では酸素を解離しやすくしていると示唆された。

これらの共同研究においても、我々、水族館の獣医師は、海獣類の飼育技術を支えるばかりではなく、大学、研究機関とともに研究し、その成果の発表、執筆に大いに加わることを勧める。

最 後 に

現在、水族館における海獣類の臨床は体系付けられているとは言い難い。薬剤投与量の基準値が存在しないことは先に述べたが、血液データの基準値などにおいても同様である。その一方で、個々の水族館において受診行動の充実により膨大なるデータが蓄積している。症例を有効に活用し、データを再活用することで、我々、水族館の獣医師が大いに研究することを勧める。

これまででは、水族館や動物園、大学や研究機関との共同研究というと、ほとんどの場合が後者からの要望に応える形か、前

者から献体やデータを提供した際に共同の形をとることがほとんどであった。これからは、水族館や動物園から、大学や研究機関に共同研究を働きかけ、我々が主導権をとって進める研究があってもよい。

様々な私見を述べてきたが、将来、水族館の職員、獣医師になることを目指している後輩たちにとって、本稿が参考になれば幸いである。

謝 辞

本稿を終えるに当たり、新江ノ島水族館展示飼育部一同に感謝する。なお、超音波検査の研究は、京都大学野生動物研究センターの共同利用・共同研究として実施された。

要 約

水族館の獣医師は、動物の臨床が第一に求められており、現状では十分に研究しているとは言い難い。例えば、我が国の海獣類における薬剤投与量の基準は存在せず、症例報告を執筆することで個々の薬剤投与量を示すことが可能となる。受診行動により、日々蓄積される血液、体温や体重などの臨床データは多く、再活用することで生理的な、あるいは病的な変動を知ることができる。血統台帳は動物の膨大なるデータベースであり、我が国での飼育下の概要を知るうえでは有益である。共同研究においても、水族館の獣医師は研究のための飼育技術を支えるばかりではなく、大学、研究機関とともに研究し、その成果の発表、執筆に大いに加わるべきである。水族館の獣医師が研究することは、海獣類の臨床の基礎を築くことである。

キーワード: 海獣類, 共同研究, 血統台帳, 受診行動, 症例報告

引 用 文 献

1. Terasawa F, Yamagami T, Kitamura M, Fujimoto A. 1997. A pygmy killer whale (*Feresa attenuata*) stranded at Sagami Bay, Japan. *Aqua Mamm* 23: 69-72.
2. Terasawa F, Kataoka Y, Sawada T, Takahashi K, Kitamura M, Fujimoto A. 2001. Two cases of *Erysipelothrix rhusiopathiae* serotype 2 infection in bottlenose dolphins. *Jpn J Zoo Wildl Med* 6: 67-71.
3. 寺沢文男, 戸田尚夫, 山本康夫, 大西善久, 大橋信明. 2003. ラッコの妊娠後期における胎児死亡例. *野生動物医学会誌* 8: 127-130.
4. 寺沢文男, 高橋公正, 大下 勲, 北村正一. 2005. オキゴンドウ (*Pseudorca crassidens*) の慢性化膿性肺炎 1 例. *野生動物医学会誌* 10: 117-122.
5. 寺沢文男, 高橋公正, 山本和明, 篠原 隆, 浜田和孝, 奥山康治. 2006. ミナミゾウアザラシ (*Mirounga leonina*) 突然死 1 例. *野生動物医学会誌* 11: 93-97.
6. 鴨川シーワールド. 2008. 鯨類の感染症Ⅱ呼吸器感染症. *動水誌* 48: 129-142.
7. 赤木 太, 濱村大助. 2012. 宮島水族館におけるゴマフアザラシに対する

- 子宮収縮剤の投与事例について. 第1回日本動物園水族館協会ゴマファザラシ会議要旨集, p.13.
8. 江ノ島マリン. 2005. 鯨類の感染症について. 動水誌 46: 6-20.
9. 北村正一. 1993. ハズバンダリー行動によるイルカ類の健康管理. どうぶつと動物園 45: 4-7.
10. Terasawa F, Kitamura M, Fujimoto A, Hayama S. 1999. Influence of diet on hematological characteristics in bottlenose dolphins. *Jpn J Zoo Wildl Med* 4: 117-122.
11. Terasawa F, Kitamura M, Fujimoto A, Hayama S. 2002. Seasonal changes of blood composition in captive bottlenose dolphins. *J Vet Med Sci* 64: 1075-1078.
12. Terasawa F, Kitamura M. 2005. Hyperlipemia of captive bottlenose dolphins during pregnancy. *J Vet Med Sci* 67: 341-344.
13. Terasawa F, Arai T, Tokura T, Ohshita I. 2008. Changes in fibrinogen concentrations in captive bottlenose dolphins during pregnancy. *J Vet Med Sci* 70: 1277-1279.
14. Terasawa F, Yokoyama Y, Kitamura M. 1999. Changing the rectal temperature at a parturition in bottlenose dolphins. *Zoo Biol* 18: 153-156.
15. 寺沢文男. 2008. 国内血統登録書から見たゴマファザラシの保護個体の現状. 動水誌 49: 42-46.
16. 寺沢文男. 2008. 国内血統登録書から見たゴマファザラシの飼育下繁殖の現状. 動水誌 49: 119-124.
17. 寺沢文男. 2012. 国内血統登録書から見たゴマファザラシの飼育下繁殖の年齢と回数. 動水誌 53: 15-21.
18. 進藤英朗, 山ノ内祐子, 岡崎哲也, 立川利幸, 石橋敏章. 2007. 飼育下動物に対する定期的な超音波検査による胎児の観察. 第13回日本野生動物医学会大会講演要旨集, p.111.
19. 飯野由梨. 2012. 加茂水族館のゴマファザラシ繁殖における現状と課題. 第1回日本動物園水族館協会ゴマファザラシ会議要旨集, p.8.
20. 楠田哲士, 細田孝久, 吉原正人, 知念晴香, 吉橋沙矢佳, 土井 守, 大津晴男. 2012. 日本の動物園におけるキリンの卵巣機能の全頭的調査. 第18回日本野生動物医学会大会講演要旨集, p.99.
21. 寺沢文男, 鯉江 洋, 茅野裕樹, 森田成将, 志村真由子. 2011. バンドウイルカにおける超音波検査を用いた肺の観察. 第17回日本野生動物医学会大会講演要旨, p.64.
22. 寺沢文男, 鯉江 洋, 茅野裕樹, 秋山大志, 志村真由子. 2012. 妊娠全期間における飼育下バンドウイルカ (*Tursiops truncatus*) 超音波観察1例. 第18回日本野生動物医学会大会講演要旨集, p.46.
23. Terasawa F, Ohizumi H, Ohshita I. 2010. Effect of breath-hold on blood gas analysis in captive Pacific white-sided dolphins (*Lagenorhynchus obliquidens*) *J Vet Med Sci* 72: 1221-1224.