特集：研究する動物園

第14回日本野生動物医学会大会シンポジウム 2008年9月3日～7日

動物園の廃棄物の活用法

野田亜矢子

広島市安佐動物公園 〒731-3355 広島市安佐北区安佐町動物園

How do We Make Use of Wastes from the Zoo ?

Ayako NODA

Hiroshima city Asa zoological park, Asa-cho, Asakita-ku, Hiroshima 731-3355, Japan

ABSTRACT. Various specimens and materials are piling up while we are working in the zoo every day. It depends on our attitude to the materials whether these would become “Just waste” or become “Precious specimen and data”. “Research in the zoo by the zoo staff” should be possible if it would have the sense of purpose. Everything in the zoo should stimulate the intellectual curiosity. The zoo staff should make the best use of potential valuable matters or they would become just waste. Moreover, it is necessary for us to advance “Research” because that is one of the social functions of the zoo.

Key words : zoo, zoo staff, wastes, research

Jpn. J. Zoo. Wildl. Med. 14(1) : 27-32, 2009

はじめに

動物園には教育、レクリエーション、自然保護、研究の4つの社会的機能があるとされている [1]。しかし、現在の動物園はそれを取り巻く環境により、これら全ての役割を満遍なく果たせているとは言えない状況にある。例えば研究という役割に目を向けてみよう。日本の動物園はもともとサイエンスを追求する文化が軽視されがちであった [2, 3]。さらに、動物園における獣医師は、いわゆる臨床の現場だけでなく、衛生管理、自然保護行政との関わりなど、あらゆる分野に及ぶ業務をこなさなくてはならない。これらの多大な業務の中で「さらに研究も」となると、お手上げという部分がなきにしもあらずである。

このように動物園運営の効率化を求められる時代である。そこで多くの業務とともに「溜まっていく」一方の利用目的の定まらない膨大な資料や標本類、目の前に横たわる死体等は、「必要のない」ものなのだろうか？ 多忙な業務の中では「研究すること」は難しいことなのだろうか？ この問いかけは、動物園のあり方や、我々動物園の職員のあり方をも問うているのではないだろうか。

本稿では、日頃の動物園活動で派生した事柄を利用し、研究に供した事例を紹介することにより「動物園に廃棄物は存在するのか？」そして「動物園職員による研究は困難なのか？」という問題について、検討してみたい。

事例1 年間約30頭保護収容されるタヌキ (*Nyctereutes procyonoides*) について

安佐動物公園では、年間を通じて約200件の傷病保護鳥獣の収容がある。これらの収容動物は、基本的には野生復帰を目標として治療、飼育を行うこととなる。当園では、日常業務の一環として行うのであるが、集めてみると面白い症例にぶつかることがある。その中からタヌキの事例を紹介したい。

タヌキは年間を通じて約30頭程度が、生息密度の高い広島市内北西部を中心に保護される。初夏の仔タヌキの誤認保護、交通事故による外傷などが主な理由である。ある時、交通事故で搬入されたタヌキの身体検査の際、眼球表面より線虫が発見された。この線虫はトウヨウガンチュウと同定された。トウヨウガンチュウはメマトイ属の昆虫を中間宿主とする寄生線虫であり、終宿主はイヌ、ネコ、ウサギ、キツネ、タヌキ、サル、ヒトなど広範囲にわたる [4] ため、タヌキから発見されることは珍しくはないが、広島県内でイヌ、ネコにおける寄生状況の報告はあったものの [5]、野生動物に関する報告がなかったため、調査を開始した。

方法は、保護・収容されたタヌキについて、保護地の確認、および眼瞼内の探索を行い、寄生状況を調査した。その結果、タヌキが保護された地域のほぼ全域からトウヨウガンチュウが寄生したタヌキが確認された。図1に広島市各区市内でのタヌキの保護頭数ならびにトウヨウガンチュウの寄生率 (%) を示

図1 広島市内各区におけるホンドタヌキの保護頭数およびトウヨウガンチュウの寄生率

す。成獣では地域により最大33%の寄生率であった。この状況から、広島市内では自然宿主として、タヌキが重要な役割をはたしている可能性が示唆された。

傷病鳥獣として保護収容される動物としては、珍しくないタヌキであるが、数が蓄積できるからこそできた研究の1つである。なお、この事例は広島県獣医師会雑誌第22号(2007年)に報告している。

事例2 プロジェクト「翼をください」

事例1のタヌキ同様、傷病保護で種々の鳥類が収容される。その収容状況はさまざまで、巣落ちびなの収容、巣立ちびなの誤認保護、外傷による衰弱、窓などへの衝突などが主な原因である。残念なことに、専門の収容施設もなく、専任の職員もない現状では、最終的な放鳥率は決して高いとは言えない状況である。特に治療する間もなく死亡した衝突などのケースでは、獣医師がまったく手を出すことなく終わることにもなる。しかし、見方を変えると保護収容により、種々の鳥類が年間を通じて持ち込まれるのである。これを生かささない手はない。しかも、保護直後に死亡したような個体は、胃内容物(食性)や適正体重などある意味「野生のままの」状態を保っていることになる。これは「野生動物を飼育」している施設において「本来の野生動物を知る」ための、きわめて貴重なデータとなり得る。この事例では、「鳥の飛行能力について」を簡単な航空力学を用いてデータ化した。

材料として、窓衝突等で死亡した野鳥20種23羽を用いた。航空工学者であるヘンク・テネクスはその著書「鳥と飛行機ど

こがちがうか」[6]の中で、オセアニアに生息する鳥類196種について翼面荷重を記している。これを参考に、各個体の体重および両翼の面積より翼面荷重を算出した。翼面積は、いずれの鳥についても翼を最大に広げた状態で測定した。小型の鳥類は直接スキャナにて取り込み、1cm四方の方眼紙に印刷、翼が1cm²の方眼を満たしているものは1cm²、満たさないものはすべて0.5cm²とする簡易の方法で算出した。大型の鳥類については、翼にスケールをのせた状態でデジタルカメラにて撮影後、方眼紙に印刷し、スケールの長さから縮尺を算出、小型の鳥と同様の方法で面積を算出した。死亡時体重を翼面積で割ったものが翼面荷重である。

また、翼面荷重 $W/S = 0.38V^2$ (W = 体重, S = 翼面積, V = 最低飛行速度) から、最低飛行速度が算出されるため、それぞれの鳥が理論上どの程度の速度があれば飛びたつことができるのかもあわせて算出した。

今回算出した20種における翼面荷重は種によって最小0.142g/cm²～最大1.2g/cm²であった。また、最低飛行速度は21.8km/h～63.3km/hであった。表1に調査した種およびその体重と翼面荷重および最低飛行速度を示した。これらの数値はテネクスのデータとほぼ一致しており、簡易な方法での算出方法であっても、有効なデータとなり得ることが分かった。

航空力学などの分野では、このようなデータが非常に有用である。また、鳥の渡り、特に飛行能力についての研究者にとっても興味深いデータであろう。しかし、実際にはさまざまな野鳥の体重や翼面積を実測できる環境というのはきわめて限られ

動物園的廃棄物の活用法

表1 検索した野鳥における体重および翼面荷重

鳥 種	性 別	体 重 (g)	翼面荷重 (g/cm ²)	最低飛行速度 (km/h)
ムクドリ	♂	64.3	0.337	33.6
ヒヨドリ	♀	80	0.357	34.5
マミチャジナイ	♂	72	0.303	31.8
スズメ	♂	18.6	0.198	25.7
スズメ (若鳥)	♀	18.5	0.27	30
キビタキ	♂	12	0.185	24.9
キビタキ	♀	13.5	0.18	24.5
キジバト	♂	220	0.48	40
ツグミ	♂	88.6	0.424	37.6
ノスリ	♂	482	0.328	33.1
メジロ	♀	9.1	0.142	21.8
カワウ	♀	1,400	0.972	57
カワウ	♀	1,440	1.03	58.7
シロハラ	♀	50.8	0.213	26.7
ミヤマホオジロ	♀	22.5	0.262	29.6
カイツブリ	♀	138	0.654	46.8
コサギ	♂	492	0.372	35.3
ハイタカ	♂	153	0.351	34.3
ハシボソガラス	♂	471	0.41	37
ト ビ	♂	550	0.21	26.5
ニホンキジ	♂	1,040	1.2	63.3
ミサゴ	不 明	1,260	0.58	44
カワセミ	♂	27.2	0.3	31.7

ている。つまり、これらはさまざまな種類の野鳥が保護されてくる動物園ならではのデータ蓄積と言えるのである。たとえ運び込まれた時には既に死亡していた、スズメやカラスであっても、こんな利用法もあるのである。

事例3 ハチの子しか食べない低タンパク血症のハチクマ (*Pernis apivorus*) に給与した代替餌について

動物園では種々の野生動物が飼育、展示されている。これら飼育動物に給与する餌については、野生下と同じものを給与できるのが理想であるが、実際には入手困難であったり、極めて高価であったりといった理由で、与えることができないことも多い。そのため、動物園では代替餌を給与することが少なくない。本事例では、代替餌を給餌することによって、貧血等により悪化した全身状態を、一時的に向上させることができたハチクマの症例を紹介する。

クロスズメバチ類の幼虫等を主食としている猛禽であるハチクマは、中国山地沿いを渡りのコースとしており、広島県内でも

も時期になるとよくみられる。症例も、広島市内で外傷により保護された雌のハチクマで、放鳥を目標に飼育していた個体である。飼育16か月目に、多飲多尿の症状を示した後、2か月ほどの間に、消瘦、後肢の浮腫、腹水の貯留などの重篤な症状を示すに至った。血液検査においても、高度の貧血、低タンパク血症が認められ、この頃にはそれまで食べていたウズラやヒヨコなどを全く食べなくなり、わずかに園内で採集したスズメバチ類の幼虫、蛹を食べるのみの状態となった。状態改善のためには、ストレスを与える可能性の高い強制給餌よりも、嗜好性が高い餌を給餌する方が良いと判断したものの、ハチの子の入手が困難であったため、嗜好性の高い代替餌を作成することにした。

代替餌は外見がハチの子に似たもので、さらに貧血、低タンパク血症を改善し得る栄養素を含んでいるものを作成目標とした。茹でた卵白を細長く切ったもの、豆腐を細切りにしたもの、高野豆腐を細切りにしたもの、と試作を重ねた。その結果、高

野田亜矢子

図2 代替餌作成までの経過

野豆腐が最も嗜好性が高かったが、そ嚢への滞留時間が長いという欠点があった。これらをふまえ、消化管滞在時間を短くするため、粉碎した高野豆腐に、外見を白く見せ、かつタンパク質の補充およびカロリー添加を目的としてネコ用人工乳を加えたものを、ゼラチンで固めた代替餌を完成させた。図2に代替餌作成までの経過を示す。この代替餌は非常に嗜好性が高く、給餌開始後2か月ほどで血中総タンパク濃度の上昇、貧血の改善を認め、止まり木に止まれない状態だった該当個体が短距離ながら飛ぶことができるまでの回復をみせた。結果的には、原疾患の特定ができず、代替餌給餌開始後2か月半で死亡したが、状態の改善がみられるなど、QOLの向上にはつながったと考えられた。もともとは該当個体が白く細長いものに対して興味を示したことから始まった代替餌作りであったが、限られた条件下で野生動物の飼育をする施設ならではのアイデアであったのではないかと考えている。

事例4 飼育係が搾ってきたクロサイ (*Diceros bicornis*) の乳汁
最後の事例は、飼育担当者が定期的に搾ってくることで

た、クロサイの乳汁について紹介する。動物園で飼育されている野生動物は、希少なものが少なくない。また、神経質な動物でも、ある程度人に慣れており、比較的扱いやすい個体になっていることもある。このような条件が重なって、運良く貴重なサンプルが採取できることがあるのも動物園ならではの条件だろう。その中の1つがクロサイの乳汁であった。かなりの量が採取されたこともあり、最初は好奇心の赴くまま試飲してみたところ、牛乳との味の違いから、その成分を分析したいということになった。また、過去に安佐動物公園では、クロサイを人工乳で育てた経験がある。その時にクロサイの乳汁成分が詳しく分からなかったこともあり、手探りでウマ用人工乳を利用した。今後、そのような事態となったときに、参考にしたいという思いもあった。R. E. Greedらによる報告で、クロサイの乳汁はきわめて低脂肪であることが分かっているが[7]、継続的な成分変化の報告はなく、なんとか手軽に、かつ継続的な成分分析ができないかということでした。とどろき着いたのが、血液生化学検査機器による乳汁成分分析であった。

検体は安佐動物公園で飼育しているクロサイの第3子および第4子出産時の乳汁で、出産前の泌乳がみられた時点から乳汁が出なくなるまでの各1年半、ほぼ1週間おきに搾乳した。また、参考としてウシ（ホルスタイン種）、ウマ（ポニー雑種）、ヒトの乳汁についても同様の方法で成分分析を行った。検査はフジドライケム3000（富士フィルム株式会社）で血液検査と同様に検査用スライドに乳汁を10μl滴下して行った。検査項目は総タンパク質濃度（TP）、中性脂肪濃度（TG）、カルシウム濃度（Ca）の3項目とした。また、測定上限値を超えたものについては、蒸留水で10倍希釈した検体で測定した。

表2にウシ、ウマ、クロサイおよびヒトの乳汁成分測定値を示す。また図3、4に、クロサイにおける出産前後の乳汁中の総タンパク質値の経時的変化を示す。表のように、クロサイでは乳汁中のタンパク質および脂質がウシ、ウマなどの家畜に比べ低い濃度であることが分かった。また、ウシ、ウマとで比較した場合にはよりウマのものに近いということが分かり、かつて仔サイの哺乳補助にウマ用人工乳を利用したのは、より良

表2 各種動物の乳汁成分測定値一覧

	TP (g/dl)	TG (mg/dl)	Ca (mg/dl)
ヒガシクロサイ	1.1	1,170	79
ウシ（ホルスタイン種）	3.3	4,450	137
ウマ（ポニー雑種）	2.6	1,890	52
ヒト	1	2,760	22

動物園の廃棄物の活用法

図3 クロサイの乳汁中 TP 値の変化 (2004 年 /3 産目)

図4 クロサイの乳汁中 TP 値の変化 (2006 年 /4 産目)

い選択であったことが確認された。さらに、経時変化では、他の動物と同じように初乳時期には高タンパク、低脂肪であること、この時期は出産後数日間であることが分かった。出産前後の濃度変化は特にタンパク質で顕著であり、極めて高いタンパク質濃度が徐々に低下していき、最終的には初乳濃度にまで低下する。したがって出産前からの乳汁成分を測定し、その変化を見ることで、出産日のある程度推測することが可能であることも判明した。

このドライケムを利用した乳汁分析は、1項目が10μlと非常に少量で行うことができるということ、さらに手軽に測定できるという点で、動物園という現場での測定に非常に有用であると言える。一方で、この方法は血液検査機器を利用しているため、乳汁成分としては極めて重要である乳糖などの炭水化物

成分を分析することができないという問題点がある。

しかし、目の前に貴重な検体がありながら、自分たちでは何もできない、というもどかしい思いを味わった現場の獣医師は少なくないであろう。自分たちの手で、少しでもデータを収集することができたら、という思いがこの研究につながったのである。

動物園に役に立たない派生物は存在するか？

ある飼育係は10年分のビルマニシキヘビ (*Python molurus bivittatus*) の糞を全て保存している。まさしく廃棄物の山である。しかしこの糞を洗うと、この中からニシキヘビの脱落した歯という宝の山が現れる。この歯の数をカウントすることで、ニシキヘビの歯の生え変わりサイクルを知ることができるのである。つまり、それが廃棄物かどうかは、「物」ではなく、それを「扱う人」で決まるのである。本来、標本やデータは溜まってしまいうものではなく、貯めるべきものであり、これらは「意識」を持った「人」によって生かされる。そして、その「意識」を持った「人」さえいれば、動物園に「廃棄物は存在しない」。今回紹介した4つの事例は、いずれも日々の業務の中で集まってきた標本であり、「意識」がなければ埋没してしまったであろうものばかりである。しかし、ほんの少しのことで、いくつもの発見ができ、さらにそこから発展させて業務に還元することができた事例なのである。そして、このことは「動物園の職員が研究するということ」が、決して特別なことではない、ということを示している。

動物園の役割の1つ「研究」の実績が求められるようになり、動物園が研究に対して積極的になってきたという面がある。一方で、「共同研究」と称してサンプルを研究機関に提供すれば、「研究」した気になっている面があるのもまた事実である。もちろん、限られた施設、時間、予算の中で、自分たちだけでできることは限られている。それも様々なサンプルを山のよう抱える動物園だけでは無理からぬことである。他施設との共同研究も重要であるし、それ無くしては成り立たない。しかし、目の前にあるサンプルのことを一番よく知っているのは職員自身である。動物園の職員である以上、そうでなくてはならない。だからこそ、自分たちでできることを考え、自分たちの手で研究を行うことはとても重要である。動物園というところは、「意識」さえあれば知的好奇心をくすぐるものたちであふれかえっている。それを生かそうとしないのは、あまりにもったいない。「動物園における動物園職員による研究」は、様々な要因により困難を伴うかもしれないが、不可能なことではない。

日々の業務の中で我々の前を通り過ぎて行く命を、さまざまな形で伝えてくこと、与えられた機会を生かすことは、我々動物園で働く職員に課せられた任務ではないだろうか。

野田亜矢子

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、「動物園における研究の重要性」を理解し、日々協力いただいている職員の皆様に感謝いたします。貴重なサンプルを共同で研究していただいている各研究機関の方々に感謝いたします。また、彼らの存在なくして、これらの研究がなかった、動物たちに心より感謝いたします。

要 約

動物園という職場においては、多大な業務の中で、種々の標本や資料が日々溜まっていく。これらが「溜まっていく廃棄物」となるか、それとも「貯められるべき標本やデータ」となるかは、それを扱う動物園職員の「意識」によって決められる。意識を持って取り組みさえすれば「動物園職員による研究」は困難を伴うかもしれないが、決して不可能なことではない。動物園という現場は、全てが知的好奇心をくすぐるものであふれて

いる。我々現場で働くものが、そこそこに転がっているであろう貴重なサンプルを埋没させることなく科学、そして社会に還元し、動物園機能の1つである、「研究」という役割を果たしていかななくてはならない。

キーワード：動物園，動物園職員，廃棄物，研究

引用文献

1. 齋藤 勝. 1999. 概論. 新・飼育ハンドブック 動物園編 第3集 (財団法人日本動物園水族館協会編), p4. (財)日本動物園水族館協会, 東京.
2. 小原二郎. 1993. 動物園の博物誌, pp229-236. 中国新聞社. 広島
3. 佐々木時雄. 1977. 続動物園の歴史 世界編, pp252-288. 西田書店. 東京.
4. 板垣 博, 大石 勇. 1994. 新版家畜寄生虫学, 第10版, pp231-235. 朝倉書店. 東京.
5. 鎌倉啓次. 1998. 広島県における東洋眼虫のイヌおよびネコ寄生例発生状況. 広島県獣医学雑誌 13: 63-68.
6. ヘンク・テネケス. 1999. 鳥と飛行機どこがちがうか. 草思社. 東京.
7. Greed RE. 1960. *International Zoo Yearbook* 2:106.