

上越市立水族博物館で発生した
鯨類飼育個体の連続斃死に係る
検証結果報告書

上越市立水族博物館
鯨類飼育環境検証委員会

令和3年2月

目 次

1. 緒言	1
2. 委員会設置の経緯	2
3. 付託事項	3
4. 委員会委員名簿	4
5. 検証経過の概要	5
6. 飼育経過の概要	9
6-1. バンドウイルカ（個体名：サシャ）	9
6-1-1. 横浜・八景島シーパラダイスでの飼育経過	9
6-1-2. 上越市立水族博物館への輸送経過	10
6-1-3. 上越市立水族博物館での飼育経過	10
6-1-4. 死亡後の現有個体への改善対応	11
6-2. バンドウイルカ（個体名：アルク）	12
6-2-1. 横浜・八景島シーパラダイスでの飼育経過	12
6-2-2. 上越市立水族博物館への輸送経過	13
6-2-3. 上越市立水族博物館での飼育経過	13
6-2-4. 死亡後の現有個体への改善対応	15
6-3. シロイルカ（個体名：リーヤ）	15
6-3-1. 横浜・八景島シーパラダイスでの飼育経過	15
6-3-2. 上越市立水族博物館への輸送経過	16
6-3-3. 上越市立水族博物館での飼育経過	16
6-3-4. 死亡後の現有個体への改善対応	17
6-4. シロイルカ（個体名：ソーリャ）	17
6-4-1. 横浜・八景島シーパラダイスでの飼育経過	17
6-4-2. 上越市立水族博物館への輸送経過	18
6-4-3. 上越市立水族博物館での飼育経過	19
6-4-4. 死亡後の現有個体への改善対応	20
7. 死亡時所見	21
7-1. バンドウイルカ（個体名：サシャ）	21
7-1-1. 斃死報告書	21
7-1-2. 死亡診断書	22

7-2. バンドウイルカ（個体名：アルク）	2 3
7-2-1. 斃死報告書	2 3
7-2-2. 死亡診断書	2 5
7-3. シロイルカ（個体名：リーヤ）	2 7
7-3-1. 斃死報告書	2 7
7-3-2. 死亡診断書	2 9
7-4. シロイルカ（個体名：ソーリャ）	3 2
7-4-1. 斃死報告書	3 2
7-4-2. 死亡診断書	3 4
8. 飼育水槽の設計趣旨と構造	3 7
9. 検証結果	3 8
9-1 死亡原因に関する各専門分野からの見解	3 8
9-2 今後の鯨類飼育等に関する提言	5 8
10. 要約	6 0
11. 文献	6 2
附録	6 5
上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会設置要領	6 7
上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会第1回会議資料	6 9
上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会第2回会議説明資料	7 8
八景島気温（2017/04～2018/5）	8 2
上越気温（2018/05～2020/07）	8 4

1. 緒言

上越市立水族博物館において、平成 30（2018）年 7 月～令和 2（2020）年 7 月までのほぼ 2 年の間に、飼育鯨類 2 種 4 頭の連続斃死が起きた。鯨類に限らず、生き物である以上、野生下であろうが飼育下であろうが、いつかはその個体の寿命を迎えるわけであるが、指定管理者の関連組織である、横浜・八景島シーパラダイスにおいて、最低でも 3 年以上飼育されていたこれらの個体が、輸送・搬入後、短いものではわずか 3 ヶ月、長いものでも 2 年 2 か月という短期間で斃死したことは、日本の水族館における鯨類の死亡に関するこれまでの事例からみても通常ではない。本報告書は、後述されるように、上越市からの要請により設置された「上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会」において、これら鯨類の死亡に関する原因究明と今後の同博物館での鯨類飼育に資するための提言をまとめるため、専門分野の異なる委員 5 名を中心に令和 2 年 8 月から令和 3 年 1 月に 3 回にわたって開催された委員会での検討の経緯と結果をまとめたものである。

報告書は複数の部分からなっている。これらの原稿の作成にあたっては、各委員や事務局が分担して執筆するとともに、鯨類の飼育経過等一部については、指定管理者やその他関係者からの資料の提供を受け、必要な編集をして取り込んだ。最終的には、報告書全体の内容を 5 名の全委員がすべての審議を終了した後再度確認し、この報告書としている。報告書のとりまとめにあたり、ご協力いただいた各専門分野から参画いただいた委員各位はもとより、委員からの要求があった、検証作業に必要な膨大な資料の作成や準備にご尽力いただいた上越市教員委員会、指定管理者ならびに設計者等その他関係者の皆様にここに厚くお礼申し上げる。なお、本報告書は、当初、令和 2 年 10 月を目処に提出する計画であったが、約 6 ヶ月の期間に 3 回の会合をもち、かつ検証に必要な追加資料提出の要求、ならびに計測を伴うデータ収集を行う必要があったため、とりまとめまでにより長くの時間を要することとなり提出が遅れた。この点、上越市ならびに関係の皆様にお詫び申し上げます。

最後に、この報告書が、上越市における今後の種々の検討、ならびに上越市立水族博物館における今後の鯨類飼育に少しでも活かされる部分があれば幸いである。

令和 3 年 2 月 5 日

上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会

委員長 吉岡 基

2. 委員会設置の経緯

上越市におけるイルカの展示は、上越市立水族博物館「うみがたり」が建設される前の、旧水族博物館時代から夏季限定で行われており、市民に夏の風物詩として親しまれていた。

こうした中、うみがたりにおいては、市民の期待に応じて通年展示が可能な専用プールが設けられ、バンドウイルカは、現在も、館を代表する展示として位置付けられている。

うみがたりでは、平成30年6月のグランドオープンに向けて準備が進められる中、同年の4月にバンドウイルカ4頭、5月にシロイルカ2頭の飼育を開始した。

しかし、グランドオープンから間もない平成30年7月に1頭目のバンドウイルカが、平成31年3月に2頭目のバンドウイルカが死亡した。

また、令和2年5月に1頭目のシロイルカが、同年の7月に2頭目のシロイルカが死亡するという事態が生じ、グランドオープンから約2年余りで4頭の鯨類を失うこととなった。

水族博物館において発生したこれらの鯨類の死亡を受け、市では、その飼育環境について第三者による客観的考察を受けるため、上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会（以下「委員会」という。）を設置することとした。

委員会は、鯨類の飼育環境の現状とこれまでの対応について飼育、建築、水質の各専門分野から検証し、死亡に至った要因を明らかにするとともに、その検証結果を今後の鯨類の飼育展示にいかすことを目的として、令和2年7月28日に設置された。

この設置目的を踏まえ、委員会を構成する委員は、鯨類に関して、①飼育、②水槽の設計及び施工その他の水族博物館の建築、③飼育に係る水質の各分野において豊富な経験や知見を有しており、それぞれの分野において第一人者とされる専門家の中から選任することとして人選を進めた。

人選の結果、①飼育分野には、三重大学大学院生物資源学研究科の吉岡基教授、日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科の鈴木美和教授、日本大学生物資源科学部獣医学科の渋谷久教授、②建築分野には、東京工業大学環境・社会理工学院建築学系の安田幸一教授、③水質分野には、長岡技術科学大学大学院工学研究科の山口隆司教授の計5人が就任し、令和2年8月7日の第1回会議を皮切りに検証作業が開始された。

上越市教育委員会

3. 付託事項

「上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会」（以下、委員会とする）の設置者は、上越市教育委員会である。

設置者から委員会への付託事項は、上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会設置要領（附録参照）および第1回委員会での議事を踏まえ、以下の2点、すなわち、

- ① 上越市立水族博物館において飼育する鯨類の相次ぐ斃死を踏まえ、その飼育環境について専門的見地から検証し、4頭の連続斃死に係る原因や要因について、使用あるいは入手可能な資料等を用いて検証を行うこと
- ② 上越市立水族博物館において、今後の鯨類の持続的飼育展示に資するための改善策について提言すること

であり、復命先は、早川義裕上越市教育委員会教育長である。

検証対象となる斃死した鯨類飼育個体

種名	バンドウイルカ <i>Tursiops truncatus</i>		シロイルカ <i>Delphinapterus leucas</i>	
	サシャ	アルク	リーヤ	ソーリヤ
性別	雌	雌	雌	雌
体長	266.2 cm	271 cm	371.5 cm	373.5 cm
体重	161 kg	142.5 kg	411 kg	790 kg
搬入年月日	H30/04/16	H30/04/16	H30/05/10	H30/05/10
死亡年月日	H30/07/12	H31/03/10	R2/05/20	R2/07/03
推定年齢	8 歳	7 歳	13 歳	13 歳
飼育日数	88 日	329 日	742 日	786 日

4. 委員会委員名簿

本委員会として、設置者により以下の委員が任命され、これら委員によって、付託事項に関する検討と結果のとりまとめ、および本報告書の作成が行われた。

なお、第 1 回委員会において、互選により、委員長に吉岡基委員が、副委員長に鈴木美和委員が選出された。

分 野	所 属	氏 名
飼育	三重大学大学院生物資源学研究科・教授	吉岡 基 (委員長)
	日本大学生物資源科学部・教授	鈴木 美和 (副委員長)
	日本大学生物資源科学部・教授	渋谷 久
建築	東京工業大学環境・社会理工学院・教授	安田 幸一
水質	長岡技術科学大学大学院工学研究科・教授	山口 隆司

5. 検討経過の概要

検証作業は、以下の日程および内容で3回の委員会を開催して行い、その結果を本報告書としてとりまとめた。

上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会 第1回会議

1) 開催日時

令和2年8月7日（金）午後2時00分から午後4時30分まで

2) 開催場所

直江津屋台会館、水族博物館

3) 出席者

委員：吉岡基（オンライン出席）、鈴木美和、渋谷久、安田幸一、山口隆司

事務局：早川教育長、柳澤教育部長

教育総務課 新部課長、柳澤副課長、力久係長、上野主事

建築住宅課営繕室 岡副室長、星野係長

関係者：水族博物館 櫻館長、野々山マネージャー

4) 議題

(1) 委員の委嘱について

(2) 鯨類飼育環境の検証について

5) 配付資料

① 次第

② 上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会設置要領

③ 上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会委員名簿

④ 上越市立水族博物館における鯨類の死亡について

⑤ 鯨類飼育に関する各種基礎資料

6) 議事要点

第1回委員会では、設置者からの委員会設置に係る経緯説明のあと、正副委員長の選出、本委員会の位置づけ、付託事項の検討、作業日程等について、基本的事項の確認や検討が行われた。なお、会議の途中、オンライン参加の吉岡を除く委員4名は、水族博物館の現地視察を行い、博物館の各担当者から飼育環境に関する説明を受けた。視察終了後、会議を再開し、各委員からの視察結果を踏まえた、連続斃死の要因に関する所見を述べ、今後の課題をとりまとめ、第2回委員会での審議予定内容およびそのために必要な資料準備等について検討した。

上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会 第2回会議

1) 開催日時

令和2年11月29日（日）午前10時30分から午後5時まで

2) 開催場所

上越市教育プラザ

3) 出席者

委員：吉岡基，鈴木美和，渋谷久，安田幸一，山口隆司

事務局：柳澤教育部長

教育総務課 新部課長，柳澤副課長，力久係長，上野主事

建築住宅課営繕室 岡副室長，星野係長

関係者：指定管理者（株式会社横浜八景島）

本社等 大津執行役員，佐藤羽村市動物公園長

水族博物館 櫻館長，野々山マネージャー，横澤獣医師

設計者（株式会社日本設計） 梶グループ長，寺崎主管

施工者（大成建設株式会社） 江口部長，稲葉シニアエンジニア

4) 議題

鯨類飼育環境の検証について

- (1) 前回議事録の確認
- (2) 各委員からの所見の概要報告
- (3) 委員からの追加要望に対する対応状況，検証の進め方等の説明
- (4) 関係者による説明及びヒアリング
- (5) 追加資料及びヒアリング結果を受けた総合討論
- (6) 報告書の構成の検討
- (7) 今後の日程の検討
- (8) その他

5) 配付資料

- ① 次第
- ② 第1回会議議事録
- ③ 第1回会議を踏まえた各委員の所見（各委員提出書面）
- ④ （資料No.1）第1回会議を踏まえた委員所見及び追加資料一覧
- ⑤ 追加資料（資料No.1に記載の資料）
- ⑥ 資料No.1に基づく関係者説明資料（指定管理者，設計者，施工者，事務局）
- ⑦ （資料No.2）検証結果報告書の構成及び分担（案）
- ⑧ （資料No.3）今後の日程（案）

6) 議事要点

第2回委員会では，前回会合および現地視察を受けて会議前までに提出された各委員からの追加指摘事項の説明のあと，指定管理者，設計者，事務局から提出された追加資料をもとに説明および質疑応答を行い，それらの回答を踏まえ，検証結果のとりまとめの方向性につ

いて議論するとともに、報告書の作成を含む今後の作業日程を確認した。

上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会 第3回会議

1) 開催日時

令和3年1月23日(土) 午後2時00分から午後5時40分

2) 開催場所

オンライン形式

3) 出席者：

委員：吉岡基，鈴木美和，渋谷久，安田幸一，山口隆司

事務局：柳澤教育部長

教育総務課 新部課長，柳澤副課長，力久係長，上野主事

関係者：指定管理者（株式会社横浜八景島）

本社等 大津執行役員，佐藤羽村市動物公園長

水族博物館 櫻館長，野々山マネージャー，横澤獣医師

4) 議題

鯨類飼育環境の検証について

(1) 前回議事録の確認

(2) 報告書案の検討

ア とりまとめ経過，構成の説明

イ 振動音測定の概要説明

ウ 各委員作成原稿の概要説明

エ 内容の確認

(3) 今後の手順の説明

(4) 関連日程の説明

(5) その他

5) 配付資料

① 次第

② 第2回会議議事録

③ 上越市立水族博物館で発生した鯨類飼育個体の連続斃死に係る検証結果報告書（案）

④ 水族博物館鯨類飼育環境検証に関する今後のスケジュール

6) 議事要点

第3回委員会では，事前に委員長から提示された委員会報告書「上越市立水族博物館で発生した鯨類飼育個体の連続斃死に係る検証結果報告書（案）」の概要説明のあと，記載内容について検討を行い，修正を要する箇所の確認ならびにそれら修正を含めた報告書完成までの作業手順と日程について確認し，報告書の最終確認を委員長と事務局に一任することを了承した。あわせて，報告書提出後の関連日程等について出席者間で情報共有を行った。

以上の3回の委員会開催にあたっては、飼育環境の検証に必要な全体で数百ページに及ぶ資料の提出を受け、死亡した個体の基本的生物学データ（性別、年齢、体長、体重）、給餌量および餌料内容、血液一般性状・生化学検査の結果、他の飼育個体との個体間関係、輸送経過、治療経過、死亡時の獣医学的所見、気温や風速、水温等の水質に関する測定値（飼育水の取水とも関わる近隣河川のデータも含む）、飼育管理に係る人員体制、博物館および飼育水槽や設備等の設計図ならびに設計に係るシミュレーション結果、設備が発する振動音、国内の他の鯨類飼育施設との構造等の比較、上越市立水族博物館において飼育された期間以外の、横浜・八景島シーパラダイスで飼育されていた期間の資料も含め、さまざまな観点からの検討を行った。

以下では、それらの中から、検証経過の記録として残しておくべきもの、ならびに検証の結論を出すに至る過程で必要となったもののうち、主なものについて資料の概要、抜粋等を記載したほか、一部は附録として収録した。なお、一部資料の本報告書への掲載にあたっては、編集、その他の都合上、原文書の書式等を一部修正して行っている。

6. 飼育経過の概要

ここでは、斃死した2種4個体（バンドウイルカ、シロイルカ各2頭）の水族博物館への移送前の飼育環境と飼育経過、輸送の経過、および水族博物館での飼育経過の概要を個体ごとにまとめた。なお、斃死は、バンドウイルカのサシャ、バンドウイルカのアルク、シロイルカのリーヤ、シロイルカのソーリヤの順に起きたため、その個体順に記す。

6-1. バンドウイルカ（個体名：サシャ）

6-1-1. 横浜・八景島シーパラダイスでの飼育経過

6-1-1-1. 飼育施設および飼育環境

飼育施設：横浜・八景島シーパラダイス研究プール2（～2017/6/27）

横浜・八景島シーパラダイスフィーディングプール（2017/6/27～2018/4/16）

プール名	幅 m	奥行 m	深さ m	水量 m ³	プール表面積 m ²	海拔 m
研究プール2	9.2	20.4	3	588	約188	7.3
フィーディングプール（手前）	27	13.6	3.2	500	約367	-
フィーディングプール（奥）	10	8	1.4		約80	-

研究プール2は2分割し、その片方にて飼育。飼育面積、水量などは記載の約1/2。

フィーディングプールでは手前にて飼育。奥は一時的のみ使用。

飼育環境：水温，気温，風速

	設定値	実測値
水温	20℃	20～23℃ (平均 22.2℃)
気温	屋外気温	
風速	屋外風速	

フィーディングプールの測温設備無し（2017/6/27 移動）。

6-1-1-2. 飼育経過の概要

体重および餌量

体重：最小 121.4kg（2013/1/8 搬入時）

最大 215.0kg（2017/8/18）

餌量：11.2～15.6kg

治療および処置等

治療期間	診断	治療
2017/12/21～2018/1/5	感染症疑い	ビブラマイシン投薬
2018/2/20～3/6	感染症疑い	セフトキシム投薬
2018/3/20～3/27	感染症疑い	アモキシシリン投薬

肝機能のケアのための投薬も合わせて実施。

6-1-1-3. 輸送前の状況

4/9～4/15 接近摂餌良好。定量 10.0～10.8 kg 摂餌。補液 2 L。

トレーニングも意欲的に取り組む。

輸送前日 0.6 kg（輸送前の餌止め）。

6-1-2. 上越市立水族博物館への輸送経過

実施日：2018 年 4 月 16 日

時間：作業開始 7:10（横浜・八景島シーパラダイス）

出発時間 8:44

到着時間 15:40（上越市立水族博物館）

解放時間 17:38

水温	体温	心拍数 (/分)	呼吸数 (/分)	排便	排尿
16.0℃	36.6～37.1℃ (平均 36.8℃)	71～121 回 (平均 93.4 回)	3～5 回	3 回	3 回

6-1-3. 上越市立水族博物館での飼育経過

6-1-3-1. 輸送後の状況

4/16 プール搬入後、給餌実施。摂餌良好。サイン反応（ボウジャンプ、ターンオーバーなど）。

4/17 検温実施（36.5℃）。

4/20 定期採血実施。全体的に接近摂餌良好。スムーズ。

6-1-3-2. 飼育施設および飼育環境

飼育施設：上越市立水族博物館バンドウイルカ飼育プール

施設名	幅 M	奥行 m	水深 m	水量 m ³	表面積 m ²	海拔 m
イルカプール	15.8	7.9	6.4	770	121.9	28
ホールディングプール	15.7	7.8	3.0	360	119.6	28
ホスピタルプール	7.7	3.7	1.5	40	27.3	28

飼育環境：水温，気温，風速

	設定値	実測値
水温	23℃	17～23℃ (平均 22℃)
気温	屋外気温	
風速	屋外風速	

6-1-3-3. 飼育経過の概要

体重および餌量

体重：トレーニング中のため，測定未実施.

餌量：7.0～10.0kg.

治療および処置

治療実施日	診断	治療
2018/7/9	誤飲疑い	内視鏡検査
2018/7/12	緊急処置	ワイスタール・プレドニゾロン静脈注射

6-1-4. 死亡後の現有個体への改善対応

(バンドウイルカ)

- ・ 体温測定の定期化（週 1 回）.
- ・ 定期体重測定の実施（月 1 回）.
- ・ 冬季餌量の見直し，増量（各個体 1.0～2.0 kg程増量）.

(鯨類全般)

- ・ 色味で分かる消毒液（ビルコン）を踏込槽に使用することで交換のタイミングを明確化し，色味が変化したら交換とした.
- ・ 3F 鯨類飼育スペース周辺（ステージ，音響室，キーパースペースなど），各飼育備品の塩素消毒，オスバン消毒，イソジン消毒の強化（使用毎に消毒）.

6-2. バンドウイルカ（個体名：アルク）

6-2-1. 横浜・八景島シーパラダイスでの飼育経過

6-2-1-1. 飼育施設および飼育環境

飼育施設：横浜・八景島シーパラダイス研究プール1（～2017/6/27）

横浜・八景島シーパラダイスフィーディングプール（2017/6/27～2018/4/16）

プール名	幅 m	奥行 m	深さ m	水量 m ³	プール表面積 m ²	海拔 m
研究プール1	11.9	24.4	4	1222	約 290	7.3
フィーディングプール（手前）	27	13.6	3.2	500	約 367	-
フィーディングプール（奥）	10	8	1.4		約 80	-

研究プール1は3分割し，その一か所にて飼育．飼育面積，水量などは記載の約 1/3．

フィーディングプールでは，手前にて飼育．奥は一時的のみ使用．

飼育環境：水温，気温，風速

	設定値	実測値
水温	20℃	19.8～22.3℃ (平均 20.9℃)
気温	屋外気温	
風速	屋外風速	

フィーディングプールの測温設備無し（2017/6/27 移動）．

6-2-1-2. 飼育経過の概要

体重および餌量

体重：最小 129.2kg（2014/1/30 搬入時）

最大：228.0kg（2017/12/1）

餌量：13.2～14.7kg

治療および処置等

治療期間	診断	治療
2016/11/26～12/22	炎症兆候	ジスロマック（3日間）・ダラシン・トランサミン投薬

6-2-1-3. 輸送前の状況

4/9～ 接近摂餌良好．定量 8.0～10.0 kg摂餌．トレーニング意欲的に取り組む．

輸送前日 0.6 kg（輸送前の餌止め）．

6-2-2. 上越市立水族博物館への輸送経過

実施日：2018年4月16日

時間：作業開始 7:01（横浜・八景島シーパラダイス）

出発時間 8:44

到着時間 15:40（上越市立水族博物館）

開放時間 18:04

水温	体温	心拍数 (/分)	呼吸数 (/分)	排便	排尿
15.9~17.7℃	36.4~37.0℃ (平均 36.7℃)	42~67 回 (平均 54.5 回)	1~3 回 (平均 1.5 回)	5 回	5 回

6-2-3. 上越市立水族博物館での飼育経過

6-2-3-1. 輸送後の状況

4/16 プール搬入後，給餌実施．摂餌良好．サイン反応（ボウジャンプ，ターンオーバーなど）．

4/17 検温実施（36.4℃）．

4/20 定期採血実施．全体的に接近摂餌良好．スムーズ．

6-2-3-2. 飼育施設および飼育環境

飼育施設：上越市立水族博物館バンドウイルカ飼育プール

施設名	幅 m	奥行 m	水深 m	水量 m ³	表面積 m ²	海拔 m
イルカプール	15.8	7.9	6.4	770	121.9	28
ホールディングプール	15.7	7.8	3.0	360	119.6	28
ホスピタルプール	7.7	3.7	1.5	40	27.3	28

飼育環境：水温，気温，風速

	設定値	実測値
水温	23℃	17~23℃ (平均 22℃)
気温	屋外気温	
風速	屋外風速	

6-2-3-3. 飼育経過の概要

体重および餌量

体重：最小：142.5kg（死亡時）

最大：196.1kg（2018/11/27）

餌量：4.0～14.0kg

治療および処置

治療実施日	診断	治療
2018/12/14	一般状態悪化	ワイスタール・点滴
2019/1/7	一般状態悪化	ピペラシン・トラネキサム酸・点滴
2019/1/13	一般状態悪化	スクラルファート・ファンギゾン経口投与・点滴
2019/2/18	一般状態悪化	ピペラシン・トラネキサム酸・プレドニゾロン・点滴
2019/2/20	一般状態悪化	点滴
2019/2/21	一般状態悪化	点滴
2019/2/24	緊急処置	プレドニゾロン・カルチコール・チオラ・点滴
2019/2/25	緊急処置	プレドニゾロン・チオラ・ウルソ・点滴
2019/2/28	緊急処置	プレドニゾロン・ニチファーゲン・ウルソ・点滴
2019/3/1	緊急処置	プレドニゾロン・チエクール・ニチファーゲン・ウルソ・点滴
2019/3/5	緊急処置	プレドニゾロン・チエクール・点滴
2019/3/6	緊急処置	プレドニゾロン・ニチファーゲン・点滴
2019/3/8	緊急処置	プレドニゾロン・ニチファーゲン・点滴
2019/3/9 9:30 19:30	緊急処置	エボジン・プレドニゾロン・チエクール・フロセミド・点滴
2019/3/10	緊急処置	プレドニゾロン・ボスミン・ソルメドロール・ニチファーゲン・点滴

6-2-4. 死亡後の現有個体への改善対応

(バンドウイルカ)

- ・ 体温測定の高度上げる (週 2 回).
- ・ 体重測定の高度を上げる (週 1 回).

(鯨類全般)

- ・ 調餌室, 冷凍庫, 冷蔵庫, 製氷機の月 1 回の定期的な消毒の実施.
- ・ 冬季餌量を再検討し, 増量 (各個体 3.0~4.0 kg程増量).
- ・ 感染症予防冬季投薬開始 (ビタミン補助).

6-3. シロイルカ (個体名: リーヤ)

6-3-1. 横浜・八景島シーパラダイスでの飼育経過

6-3-1-1. 飼育施設および飼育環境

飼育施設: 横浜・八景島シーパラダイス 研究プール 1

プール名	幅 m	奥行 m	深さ m	水量 m ³	プール表面積 m ²	海拔 m
研究プール 1	11.9	24.4	4	1222	約 290	7.3

研究プール 1 は 3 分割し, その一か所にて飼育. 飼育面積, 水量などは記載の約 1/3.

飼育環境: 水温, 気温, 風速

	設定値	実測値
水温	20℃	16.2~25.4℃ (平均 20.1℃)
気温	屋外気温	
風速	屋外風速	

6-3-1-2. 飼育経過の概要

体重および餌量

体重: 最小 359.5kg (2008/11/7 搬入)

最大 378.6kg (2018/5/10)

餌量: 3.5~12.0kg

治療および処置等

治療実施日	診断	治療
2017/12/21	電解質異常	点滴
2018/2/7~	電解質の乱れ	経口補液

6-3-1-3. 輸送前の状況

摂餌ムラがあり、定量は 9～15 kg で変化、併行して補液も実施.

5/7 鎮静剤、拮抗剤の試験投与を行い、効果を確認.

5/9 輸送前日、9.0 kg 摂餌.

6-3-2. 上越市立水族博物館への輸送経過

実施日：2018 年 5 月 10 日

時間：作業開始 8:02 (横浜・八景島シーパラダイス)

鎮静開始 8:09

出発時間 10:10

到着時間 16:40 (上越市立水族博物館)

拮抗時間 18:36

解放時間 19:32

水温	体温	心拍数 (/分)	呼吸数 (/分)	排便	排尿
16.1～17.6℃ (平均 17.1℃)	33.5～34.0℃ (平均 33.8℃)	—	1～4 回 (平均 1.6 回)	2 回	4 回

6-3-3. 上越市立水族博物館での飼育経過

6-3-3-1. 輸送後の状況

5/10 プール解放後は摂餌せず.

5/11 昼の給餌から摂餌開始、ホッケ 4.5 kg 摂餌、補液も行える。ハズバンダリーも行える.

5/12 以降餌量増加.

5/14 赤色の尿を一度確認.

6-3-3-2. 飼育施設および飼育環境

飼育施設：上越市立水族博物館シロイルカ飼育プール

施設名	幅 m	奥行 m	水深 m	水量 m ³	表面積 m ²	海拔 m
ふれんどプール	11.9	6.2	7.0	500	72.4	28
ホスピタルプール	3.2	6.1	2.0	40	19.5	28

飼育環境：水温，気温，風速

	設定値	実測値
水温	冷却装置のみ（～2019/1/9）	13.2～21.6℃ (平均 16.6℃)
	イルカプールから引き込み (2019/1/10～9/16, 2019/12/6～2020/7/3)	13.8～21.9℃ (平均 19.5℃)
気温	屋外気温	
風速	屋外風速	

6-3-3-3. 飼育経過の概要

体重および餌量

体重：411.0kg（死亡時）

餌量：1.3～18.0kg

治療および処置

2020年4月2日に食欲廃絶に伴う検査で，腎機能の低下が認められた。

同年4月4日に処置が始まり，同年5月20日まで50回に及ぶ処置を行った。

処置に並行して経口投与での投薬も行った。

6-3-4. 死亡後の現有個体への改善対応

（シロイルカ）

- ・ 1頭になったソーリャへのケアとして，ゴマフアザラシの同居と飼育スタッフとの遊びの時間を増加，通常の5回のトレーニングの間に2～3回の遊びの時間を設けた。

（鯨類全般）

なし

6-4. シロイルカ（個体名：ソーリャ）

6-4-1. 横浜・八景島シーパラダイスでの飼育経過

6-4-1-1. 飼育施設および飼育環境

飼育施設：横浜・八景島シーパラダイス 研究プール1

プール名	幅 m	奥行 m	深さ m	水量 m ³	プール表面 m ²	海拔 m
研究プール1	11.9	24.4	4	1222	約 290	7.3

研究プール1は3分割し，その一か所にて飼育．飼育面積、水量などは記載の約 1/3.

飼育環境：水温，気温，風速

	設定値	実測値
水温	20℃	16.2~25.4℃ (平均 20.1℃)
気温	屋外気温	
風速	屋外風速	

6-4-1-2. 飼育経過の概要

体重および餌量

体重：最小 391.5kg (2008/11/7 搬入)

最大 608.2kg (2018/5/10)

餌量：18.3kg (2018/4/1~5/8)

治療および処置等

一般状態・血液状態良好.

6-4-1-3. 輸送前の状況

定量 18.3kg, 摂餌意欲安定している.

5/7 輸送に向けて餌の減量開始, 鎮静剤, 拮抗剤の試験投与を行い, 効果を確認.

5/9 輸送前日 5.7 kg摂餌.

6-4-2. 上越市立水族博物館への輸送経過

実施日：2018 年 5 月 10 日

時間：作業開始 5:30 (横浜・八景島シーパラダイス)

鎮静開始 6:51

出発時間 8:44

到着時間 16:40 (上越市立水族博物館)

拮抗時間 18:06

作業終了 21:00

水温	体温	心拍数 (/分)	呼吸数 (/分)	排便	排尿
16.4~17.6℃ (平均 17.0℃)	33.4~34.0℃ (平均 33.7℃)	-	1~8 回 (平均 3.2 回)	2 回	-

6-4-3. 上越市立水族博物館での飼育経過

6-4-3-1. 輸送後の状況

5/10 プール開放の約2時間後にホッケ 1.2 kg摂餌.

5/11 以降餌量増加, サイン反応鈍いがあり.

6-4-3-2. 飼育施設および飼育環境

飼育施設：上越市立水族博物館シロイルカ飼育プール

施設名	幅 m	奥行 m	水深 m	水量 m ³	表面積 m ²	海拔 m
ふれんどプール	11.9	6.2	7.0	500	72.4	28
ホスピタルプール	3.2	6.1	2.0	40	19.5	28

飼育環境：水温，気温，風速

	設定値	実測値
水温	冷却装置のみ（～2019/1/9）	13.2～21.6℃ (平均 16.6℃)
	イルカプールから引き込み (2019/1/10～9/16, 2019/12/6～2020/7/3)	13.8～21.9℃ (平均 19.5℃)
気温	屋外気温	
風速	屋外風速	

6-4-3-3. 飼育経過の概要

体重および餌量

体重：790.0g（死亡時）

餌量：0.1～19.0kg

治療および処置

治療実施日	診断	治療
2018/12/4	緊急処置	チエクール・ソルメドロール・ トラネキサム酸・点滴 ダラシン・トラネキサム酸・ プレドニゾロン経口投与
2018/12/16	一般状態悪化	フロセミド・点滴
2020/7/2	緊急処置	プレドニゾロン・レスチオン・ 点滴

6-4-4. 死亡後の現有個体への改善対応

(バンドウイルカ)

- ・ 通常は1か月に1回行っている採血，採便，呼気の検査を気温が下がり始める10月より3週間に1回のペースに変更.
- ・ 前年は12月から投与を開始したビタミン剤を11月より投与開始. ユベラ（ビタミンE）フォリアミン（葉酸），メチコパール（ビタミンB12）. その他のビタミン剤として，海獣用のビタミン剤「マズリ」は年間を通して投与している.
- ・ 冬の寒さに対して，エネルギーが多く使われるであろう時期に合わせ，体重を見ながら冬季餌量の見直し，計画的な増量を実施.

7. 死亡時所見

7-1. バンドウイルカ（個体名：サシャ）

7-1-1. 斃死報告書

別紙 1

平成 30 年 8 月 1 日

生 物 斃 死 報 告 書

- | | | |
|----|----------------|--|
| 1 | 種類名 | バンドウイルカ「サシャ」雌（国内血統登録No.1228）
平成 25 年 1 月 8 日 横浜・八景島シーパラダイスにて飼育開始
平成 30 年 4 月 16 日 上越市立水族博物館にて飼育開始
飼育期間 5 年 6 ヶ月 |
| 2 | 日 時 | 平成 30 年 7 月 12 日 午前 11 時 55 分 斃死確認
確認者 佐藤、橋本他 |
| 3 | 場 所 | 上越市立水族博物館 イルカホスピタルプール |
| 4 | 経 緯 | 平成 25 年 1 月 8 日 横浜・八景島シーパラダイスにて飼育開始
平成 30 年 4 月 16 日 上越市立水族博物館にて飼育開始
平成 30 年 6 月 13 日 血液検査実施
平成 30 年 6 月 19 日 内覧会向けパフォーマンスを開始
平成 30 年 6 月 26 日 グランドオープン
平成 30 年 7 月 10 日 内視鏡検査実施（食道内検査）
平成 30 年 7 月 12 日 朝から食欲不振
10:34 ホスピタルプールに収容
11:31 処置（ワイスタール 8g）
11:55 死亡 |
| 5 | 状 態（外観及び解剖所見等） | ・ 削瘦を認めたが、外傷は認めなかった。
・ 解剖所見
細菌感染性肺炎。肺炎の原因は細菌である（細菌の他には、ウイルス、真菌カビの仲間、癌などが原因になりえる）。細菌の種類までは突き止めることができなかったが、イルカが急死するような病原性の高いものではないため他の健康なイルカには問題ない（感染後、数日以内に急死する敗血症型豚丹毒ではない）。 |
| 6 | 添 付 | 飼育動物最終診断書、細菌検査報告書、病理組織検査報告書 |
| 7 | 原 因 | 感染性肺炎に起因する敗血症性ショック |
| 8 | 処 理 | 解剖後廃棄（頭蓋は保存） |
| 9 | 今後の対策 | 飼育環境の衛生管理継続 |
| 10 | 現在飼育数 | 3 頭 |

7-1-2. 死亡診断書

別紙2

平成 30 年 8 月 1 日

飼育動物死亡最終診断書

種 類：バンドウイルカ

血統登録番号：1288

個体・性別：サシャ、F

体 重：161.0 kg

搬入年月日：平成 30 年 4 月 16 日（横浜・八景島シーパラダイスより）

死亡年月日：平成 30 年 7 月 12 日

死 亡 場 所：イルカホスピタルプール

死 亡 原 因：感染性肺炎に起因する敗血症性ショック

真菌培養検査結果

- ・胸水 検出されなかった
- ・腹水 検出されなかった

病理検査結果

- ・右肺病変部 高度のリンパ球、好中球浸潤がみられる。肺胞性肺炎の所見である。一部に壊死がみられ、菌壊を認める。細菌性肺炎の像である。出血を伴う、高度の炎症がみられる。
- ・胸水内容物 フィブリンの混じる炎症性滲出物である。
- ・いずれも炎症の程度は強い。感染性肺炎として矛盾なく、死因としても矛盾しない程度の高度の炎症である。この検体に悪性所見は認められない。

総合所見

病理検査結果より、感染性肺炎に罹患していたことは明らかである。しかしながら、胸水における細菌培養結果と肺炎起因菌は一致しないものと考えられる。以上の検査結果を踏まえ、感染性肺炎に起因する敗血症性ショックによって死亡したものと最終診断する。

以上

株式会社 横浜八景島

獣医師 橋本和樹



7-2. バンドウイルカ（個体名：アルク）

7-2-1. 斃死報告書

別紙 1

生 物 斃 死 報 告 書

- 1 種類名 バンドウイルカ「アルク」雌（国内血統登録No.1326）
平成 26 年 1 月 30 日 横浜・八景島シーパラダイスにて飼育開始
平成 30 年 4 月 16 日 上越市立水族博物館にて飼育開始
飼育期間 5 年 1 ヶ月
- 2 日 時 平成 31 年 3 月 10 日 午後 5 時 23 分 斃死確認
確認者 大津 大（獣医師） 佐藤新吾 他
- 3 場 所 上越市立水族博物館 イルカホスピタルプール
- 4 経 緯 平成 26 年 1 月 30 日 横浜・八景島シーパラダイスにて飼育開始
平成 30 年 4 月 16 日 上越市立水族博物館にて飼育開始
平成 30 年 6 月 13 日 血液検査実施（以降も必要に応じて実施）
平成 30 年 6 月 19 日 内覧会向けパフォーマンスを開始
平成 30 年 6 月 26 日 グランドオープン
平成 30 年 11 月 01 日 冬季パフォーマンス開始
平成 30 年 12 月 14 日 食欲不振 処置実施
平成 31 年 1 月 13 日 処置実施
以降食欲不振続く
平成 31 年 3 月 8 日 午前中食欲廃絶、午後から摂餌
平成 31 年 3 月 10 日 朝から食欲不振
午前 8 時 30 分 処置開始
午後 2 時 30 分 処置終了
午後 5 時 23 分 死亡
- 5 状 態（外観及び解剖所見等）
全身において著しい消瘦 271cm・142.5kg（腹水・胸水含む）を認める。
尾鰭の表皮剥離、剥離部分及び両側先端部壊死顕著 尾鰭全体の 1/3 程度壊死。
腹部左右に外傷複数あり 自壊創のようにも見えるが皮下まで達していない。
生前時胸部の膨満認めたが、死亡直前からの継続的なエアーもれにより縮小している。
・解剖所見
皮下ゼリー状に自己融解している部分ある（栄養障害を示唆）
腰部皮下に気腫層あり
脊椎骨まわりの筋に煮肉状変化あり（高体温を示唆）
胸部リンパの液化及び強い炎症兆候あり
肺門リンパ炭粉沈着あり
胸腔内黄色の胸水貯留あり 2～30 程度
気管内泡沫あり（死亡直前の吐瀉物誤嚥による）
両肺とも著しい肺気腫あり
右肺下部に微小膿瘍複数散在（化膿性肺炎）
心の冠動脈周囲の筋が白色化（心筋梗塞を示唆） 死亡二日前より脈が不正になっている

心尖部円形化なし(肺疾患が長期の物でないことを示唆)

腹腔は大量の血性腹水で満たされ腹膜の緊張著しい(腹膜炎)

肝被膜下出血あり(微小な肝破裂の可能性)

肝貯血乏しい(著しい貧血、血液量の不足)

脾臓著しい腫大、硬化を示し、第四胃との癒着強い(剖面膨隆なし)

肝および、第一胃においては脾と接していた部分に強い炎症兆候を認める

第一～四胃全域において、明瞭な炎症無く、出血を伴う潰瘍も認めない

腸管全域で出血等認めない

腸間膜リンパの硬化、腫脹認める

脾臓表面は強い炎症兆候を認めるが、実質内は正常(腹水による炎症、腹膜炎の影響か)

腎出血あり(出血性腎炎)

膀胱内は血尿で満たされる。

副腎出血あり

- | | | |
|----|-------|---|
| 6 | 検 査 | 詳細な原因究明のため、病理検査を実施 |
| 7 | 原 因 | 尿細管間質性腎炎、壊死性脾炎 |
| 8 | 処 理 | 解剖後、検体、頭骨以外については処分(頭骨は資料として保存) |
| 9 | 今後の対策 | 今まで同様に確実な飼育環境の衛生管理及び、検査を含む飼育動物の健康管理を継続する。 |
| 10 | 現在飼育数 | 2 頭 |

飼育動物死亡診断書

種 類：バンドウイルカ

個体・性別：アルク (F)

血統登録番号：1326

体長・体重：271cm、142.5kg

搬入年月日：平成 30 年 4 月 16 日

死亡年月日：平成 31 年 3 月 10 日

死亡場所：イルカホスピタルプール

死亡原因：尿細管間質性腎炎、壊死性膀胱炎

肉眼的解剖所見

外部所見：全身において極度の消瘦を認める。また、尾鰭全体の 1/3 程度に表皮剥離と壊死を認め、特に両側先端部で壊死顕著。腹部左右にも外傷を複数認める。

内部所見：皮下組織においてゼリー状に融解している部位あり、筋肉においては脊椎骨まわりで煮肉様変化を認める。

胸腔内は 2～30 程度の黄色の胸水が貯留し、腹腔内は大量の血性腹水で満たされ、腹膜の緊張著しい。

循環器系において、心臓は冠動脈周囲の筋が白色を呈する。

呼吸器系においては、気管内に泡沫がみられ、両肺ともに著しい肺気腫を認める。また、右肺下部に微小膿瘍を複数認める。

消化器系においては、脾臓が著しい腫大、硬化を示し、第四胃との癒着が顕著である。第一～第四胃全域において、胃内には炎症及び潰瘍を認めないが、第一胃において脾臓と接する部分で強い炎症を認める。腸管全域においては出血等の著変を認めず。肝臓は被膜下出血を認め、貯血乏しく、脾臓と接する部分で強い炎症を認める。脾臓は表面で強い炎症を認めるが、実質内は著変を認めず。

泌尿器系においては、腎臓は両腎で出血を認め、膀胱内は血尿で満たされている。

リンパ系においては、胸部リンパで液化及び強い炎症を認め、肺門リンパで炭粉沈着を認め、腸間膜リンパでは硬化、腫脹を認める。

副腎は両腎で出血を認める。

総合所見：解剖所見および臨床所見から、当個体は尿細管間質性腎炎を発症し、腎性貧血、血尿および嘔吐を伴う食欲低下がみられていた。

腎性貧血に起因する浸透圧低下により、体液が血管外に漏出し、腹水が貯留し、腹膜炎を発症した。

腹膜炎から壊死性膵炎を発症し、膵機能低下と膵酵素逸脱が起きた。膵機能低下により消化吸収障害が起こり、さらなる食欲低下・嘔吐から悪液質に陥り、また脂質異常症により心筋梗塞が起きた。

そして、腹水貯留と膵酵素逸脱による血管透過性亢進により、循環血液量低下が起こり、循環性ショックを引き起こした。

以上の経過を経て、心筋梗塞と循環性ショックにより死亡したものと診断する。

以上

株式会社 横浜八景島

獣医師 竹中良太

7-3. シロイルカ（個体名：リーヤ）

7-3-1. 斃死報告書

別紙 1

生物斃死報告書

- 1 種類名 シロイルカ「リーヤ」雌（国内血統登録番号 No.36）
平成 20 年 11 月 7 日 横浜・八景島シーパラダイスにて飼育開始
平成 30 年 5 月 10 日 上越市立水族博物館にて飼育開始
飼育期間 11 年 6 ヶ月
- 2 日時 令和 2 年 5 月 20 日 午後 20 時 7 分 斃死確認
確認者 横澤 彰平（獣医師） 野々山 良 他
- 3 場所 上越市立水族博物館 フレンドプール ホスピタルエリア
- 4 経緯 平成 20 年 11 月 7 日 横浜・八景島シーパラダイスにて飼育開始
平成 30 年 5 月 10 日 上越市立水族博物館にて飼育開始
平成 30 年 5 月 14 日 血液検査実施（以降も必要に応じて実施）
平成 30 年 6 月 17 日 内覧会に向けトレーニングを開始
平成 30 年 6 月 21 日 内覧会にてパフォーマンス開始
平成 30 年 6 月 26 日 グランドオープン
令和 元年 6 月 26 日 シロイルカファンタイム開始
令和 2 年 3 月 30 日 食欲廃絶
令和 2 年 4 月 4 日 処置実施
令和 2 年 4 月 11 日 食欲不振改善せず、処置実施
令和 2 年 4 月 16 日 食欲廃絶 処置実施 以降 18 日まで処置実施
令和 2 年 5 月 2 日 食欲廃絶 処置実施
令和 2 年 5 月 5 日 食欲廃絶 処置実施
令和 2 年 5 月 8 日 食欲廃絶 処置実施 以降 20 日まで処置実施
令和 2 年 5 月 20 日 食欲廃絶
09:30 処置開始
10:30 処置終了
18:00 処置開始
20:07 死亡
- 5 状態（外貌及び解剖所見等）
全身において削瘦（体長 371.5cm 体重 411kg）を認めた。
右尾鰭の頭側縁の中央部に表皮の欠損と再生反応箇所を認めた。裂傷を頭部に 2 箇所、擦過傷を吻先に 1 箇所、胸部背側右正中傍に 1 箇所、左尾鰭頭側縁の全縁に認めた。
・解剖所見
腹腔から少量の黄色い腹水あり
開腹時に強いアンモニア臭あり

僧帽弁に硬質な結節性の付着物あり
 気管内に誤嚥による液体貯留、両肺において肺水腫あり
 肝臓右葉で軽度の菲薄化と左葉での割面膨隆あり
 食道壁の出血を伴う剥離が多数あり
 第一胃の胃炎と壁の剥離あり
 脾臓の萎縮
 腸管に走行する動脈に結節あり
 腎臓の脈管から結節あり
 腎臓の割面から少量の尿の漏出あり
 膀胱に蓄尿なし
 腸間膜リンパの膿瘍化
 副腎出血あり

- | | | |
|---|--------|---|
| 6 | 原因 | 尿毒症による心停止 |
| 7 | 処理 | 解剖後廃棄（骨格部は保存） |
| 8 | 今後の対策 | 定期的な検査及び㈱横浜八景島獣医との連携した診断の実施
飼育環境の衛生管理の継続 |
| 9 | 現在飼育頭数 | 1 頭 |

飼育動物死亡診断書

種類：シロイルカ

個体・性別：リーヤ (F)

血統登録番号：No.36

体長・体重：371.5 cm 411 kg

搬入年月日：平成 30 年 5 月 10 日

死亡年月日：令和 2 年 5 月 20 日

死亡場所：フレンドプール ホスピタルエリア

死亡原因：尿毒症

その他認められた疾患：左第一肋骨骨折、僧帽弁閉鎖不全症、感染性腸炎

肉眼的解剖所見

外貌所見

全身において削瘦を認めた(画像 1)。右尾鰭の頭側縁の中央部に表皮の欠損と再生反応箇所を認めた(画像 2)。裂傷を頭部に 2 箇所、擦過傷を吻先に 1 箇所(画像 3)、胸部背側右正中傍に 1 箇所、左尾鰭頭側縁の全縁に認めた。

内部所見

腹腔から少量の黄色い腹水を認めた。開腹時に強いアンモニア臭を認めた。

循環器系においては、心臓に貯血を認めた。また、僧帽弁に硬質な結節性の付着物を認めた(画像 4)。

呼吸器系においては、気道内に誤嚥による液体貯留と泡沫を認め(画像 5)、両肺でも泡沫が認められ肺水腫を認めた(画像 6)。

消化器系においては、肝臓右葉の軽度の菲薄化を認め、左葉の貯血が乏しいことと割面の膨隆を認めた(画像 8)。食道では出血を伴う食道壁の剥離を多数認め(画像 9,10)、第 1 胃では胃壁の剥離と出血を認めた(画像 11)。第 1 胃は膨満を認め、第 1 胃内に貯留していた液体の pH は 8 を認めた。脾臓の萎縮を認めた。十二指腸から遠位の腸管内では著変がなく便の貯留を認めた。腸管に走行する動脈内に結節性の塞栓を認めた(画像 12)。脾臓に貯血は認められなかった。

泌尿器系においては、腎臓内の脈管から結節性の塞栓を認めた。また、割面からは尿の漏出を少量認め、尿生成が乏しいことを認めた(画像 14,15)。膀胱内に蓄尿は認められなかった。

リンパ系においては、腸間膜リンパで膿瘍に変質化したリンパ節を全体の半数で認めた(画像 16)。

副腎は左右ともに出血を認めた。

以上、著変が認められない臓器組織については触れていない。

病理検査所見

腸間膜リンパ節 膿瘍部

実質の広範囲に炎症を認めリンパ節固有の組織構築は消失する。炎症巣では大小の膿瘍が形成され、中心部には壊死細胞が貯留し、同部位には細菌(桿菌)の増殖が認められた。膿瘍周囲にはリンパ球に混じてマクロファージや好中球が多数浸潤を認めた。

腎臓

糸球体は硬化するものが全体の1～2割認められた。そのほかに糸球体では、基底膜の肥厚が軽度認められる他に特記すべき形態的な異常は認められなかった。尿細管は特に近位尿細管が様々な程度に変性し、壊死も認められた。また尿細管内には結晶物が散見された。間質ではリンパ球や形質細胞が軽度に浸潤し、死後増殖と思われる比較的大型の桿菌の増殖巣も認められた。

僧帽弁結節病変

結節病変部は密に配列する豊富なコラーゲン繊維で構成され、同部位には軟骨化骨や骨化生を認めた。炎症細胞の浸潤はほとんど認めなかった。

肝臓(右葉)

死後変化による変性を認めた。観察範囲では肝細胞は中心静脈領域において肝細胞の細胞質に空胞形成が軽度認められた。門脈胆管周囲及び門脈胆管部から中心静脈の間の領域では形態的な異常は認められなかった。小葉間静脈はうっ血により拡張を認めた。

臨床所見

当該個体は胃内に真菌を認め、治療を行っていた。食欲廃絶で再度検査となり、腎機能の低下が確認された。治療により、摂餌意欲が向上し、補液によって水分を摂ることができ、腎機能が安定化していた。体力増進と水分量の確保のために給餌量を増量していったが、飽食により食欲低下となった。食欲低下により、摂取水分量が低下し、血液検査では腎機能のさらなる悪化を認めた。その後、食欲廃絶と嘔吐を示した。呼吸数は腎機能の低下に伴い増加傾向にあり、体温は低下傾向にあった。

総合所見

解剖所見、病理所見及び臨床所見から、当該個体は真菌による胃炎に罹患していた。食欲不振を呈したため、検査を行ったところ腎機能の低下を認めた。

病理所見から僧帽弁の結節病変によって心拍出量の低下に伴う循環不全で腎機能が低下していたと推測される。胃炎や胃炎による食欲不振から摂餌量減少に伴う水分量の低下

で循環体液量の減少がさらに起こり、腎炎から腎不全へと移行したと推測される。腎不全を発症したことにより、さらなる食欲廃絶と嘔吐を認めた。腎不全によって尿毒素が体内に蓄積する尿毒症が発症した。

以上の経過を経て、最終的に尿毒症が進行したことにより尿毒素が蓄積し心停止に至ったと診断する。

以上

株式会社 横浜八景島

獣医師 横澤彰平

7-4. シロイルカ（個体名：ソーリャ）

7-4-1. 斃死報告書

別紙 1

生物斃死報告書

- 1 種類名 シロイルカ「ソーリャ」雌（国内血統登録番号 No.35）
平成 20 年 11 月 7 日 横浜・八景島シーパラダイスにて飼育開始
平成 30 年 5 月 10 日 上越市立水族博物館にて飼育開始
飼育期間 11 年 7 ヶ月
- 2 日時 令和 2 年 7 月 3 日 午前 6 時 7 分 斃死確認
確認者 横澤 彰平（獣医師） 野々山 良 他
- 3 場所 上越市立水族博物館 ふれんどプール
- 4 経緯 平成 20 年 11 月 7 日 横浜・八景島シーパラダイスにて飼育開始
平成 30 年 5 月 10 日 上越市立水族博物館にて飼育開始
平成 30 年 5 月 14 日 血液検査実施（以降も必要に応じて実施）
平成 30 年 6 月 17 日 内覧会に向けトレーニングを開始
平成 30 年 6 月 21 日 内覧会にてパフォーマンス開始
平成 30 年 6 月 26 日 グランドオープン
令和 元年 6 月 26 日 シロイルカファンタイム開始
令和 2 年 5 月 20 日 シロイルカ「リーヤ」死亡
令和 2 年 6 月 2 日 給仕係への接近の低下
令和 2 年 6 月 4 日 定期検査実施
令和 2 年 6 月 5 日 4 日までの摂餌意欲が低いため定量減量 6 kg
令和 2 年 6 月 8 日 定量増量 9kg
令和 2 年 6 月 23 日 接近・摂餌不安定
令和 2 年 6 月 24 日 嗜好性の高い魚種に変更し定量減量 3kg
令和 2 年 6 月 30 日 摂餌意欲の急激な低下
令和 2 年 7 月 1 日 8:30 体の震えを確認
令和 2 年 7 月 2 日 処置実施
令和 3 年 7 月 3 日 6:07 斃死確認
- 5 状態（外貌及び解剖所見等）
外貌（体長 373.5cm 体重 730kg）。
擦過傷を左胸鰭頭側縁中央部、左背側傍正中、右尾鰭頭側縁中央部、左尾鰭背側面の一部に認めた。
解剖所見
胸水及び腹水なし
頸部リンパ管からリンパ液の貯留あり
心臓の軽度の拡張あり
左心室心筋の一部で退色部あり

肺にうっ血あり

肺の被膜に変色部あり、その一部で肺表面に達する変色あり

肺の断面から白い泡沫及び茶色の液の漏出あり

気管内膜にうっ血あり

肝臓うっ血あり

肝臓右葉で表面の隆起及び陥没あり

肝臓右葉の隆起部にガス貯留あり

肝臓断面は貯血あり、断面の血管からガスあり

脾臓うっ血あり

脾臓内部にガス貯留あり

副腎うっ血と出血有り

膵臓うっ血あり

第2胃及び第4胃でびらんあり

腸管内に胆汁色の内容物あり

腸管内にガス貯留あり

- | | | |
|---|--------|--|
| 6 | 原因 | 肝臓のガス壊疽 |
| 7 | 処理 | 解剖後廃棄（骨格部は保存） |
| 8 | 今後の対策 | 定期的な検査及び 株 横浜八景島獣医との連携した診断の実施
飼育環境の衛生管理の継続 |
| 9 | 現在飼育頭数 | 無し |

飼育動物死亡診断書

種類：シロイルカ

個体・性別：ソーリャ (F)

血統登録番号：No.35

体長・体重：373.5 cm 790 kg(画像 1)

搬入年月日：平成 30 年 5 月 10 日

死亡年月日：令和 2 年 7 月 3 日

死亡場所：ふれんどプール

死亡原因：肝臓ガス壊疽によるショック

その他認められた疾患：肺線維症、胃炎、低リン血症、高ナトリウム血症

肉眼的解剖所見

外貌所見：擦過傷を左胸鰭頭側縁中央部(画像 2)、左背側傍正中(画像 3)、右尾鰭頭側縁中央部(画像 4)、左尾鰭背側面(画像 5)の一部に認められた。

内部所見：胸水及び腹水は認められなかった。

皮下血管の拡張が認められた。(画像 6)

循環器系において、心臓の軽度の拡張と心尖部の丸み(画像 7)を認め、左心室の上皮の一部で退色が認められた。

呼吸器系において、肺でうっ血及び辺縁での血管拡張(画像 8)が認められた。断面では白色泡沫と茶色の液体の滲出(画像 9)が伴う肺水腫が認められた。肺表面に変色部位が散在しており、多くは被膜のみの変色であるが一部は肺実質まで変色が認められた。気管内には終末気管支まで白色の液体貯留が認められ(画像 10,11)、気管内膜にもうっ血(画像 12)を認められた。横隔膜は重度にうっ血し、肥厚が認められた。

消化器系において、肝臓は全体的に隆起及び陥没(画像 13,14)を認め、隆起部にはガスの貯留が認められた。ガスの貯留は約 430ml に及んだ。肝臓はうっ血(画像 15)しており、断面は貯血(画像 16)を認め、血管の断面からガスの漏出が認められた。腸管に走行する静脈で血管拡張(画像 17)を認め、第 2 胃及び第 4 胃でびらん(画像 18)を認め、消化管内の内容物は少なく、胆汁色の便が貯留し消化管内にはガスの貯留が認められた。膵臓は貯血(画像 19)が認められた。

リンパ系臓器において、脾臓でガス貯留と表面での出血(画像 20)及びうっ血(画像 21)を認め、頸部リンパ管に多量のリンパ液の貯留が認められた。

その他、副腎で貯血(画像 22)が認められた。

以上、著変が認められない臓器組織については触れていない。

病理検査所見(添付の別紙、病理組織検査報告書参照)

心臓：著変は認められなかった。

肺：左右ともに間質において明瞭な繊維化を認めた。右肺には重度のうっ血及び出血を全域で認めた。左肺はうっ血を認め、一部の肺胞腔にはマクロファージが認められるが、出血病変は認められなかった。

肝臓：左葉及び右葉で死後変化が重度で詳細な観察が困難であった。

脾臓：死後変化が重度で詳細な観察が困難であった。

脾臓：死後変化が重度で詳細な観察が困難であった。

腎臓：死後変化が重度で詳細な観察が困難であった。

* 死後変化は肝臓、脾臓、脾臓、腎臓の順で強く変化していた。

副腎：左側副腎に著変は認められない。

菌培養検査

後大静脈：V.parahaemolyticus (+)

Ser.marcescens (+)

Prot.vulgaris (+)

Entero.faecalis (+)

前腸管膜動脈：Pseudomonas sp. (+)

後大静脈及び前腸管膜動脈での培養は採取時のコンタミネーションが考えられた。

肝臓剖面：E.coli (+++)

鏡検所見

6月19日の便検査のグラム染色でクロストリジウム属菌様のグラム陽性桿菌を多数認められ、グラム陰性桿菌も多数認められるがグラム陽性桿菌が優勢であった。(画像 23)

臨床所見

5月20日に定期検査を実施し、特記する異常は認められなかった。しかし、5月20日までに網引きによる処置を同居個体で実施しており、その際の海水の誤飲を疑い6月4日に検査を行い、特記する異常は認められなかった。呼吸に関して、軽度の濁音が見られていたことと、痰の排出が多く見られていたため、呼吸検査は16日、19日で検査を行っていた。呼吸に関しては日を追うごとに濁音は減少し、痰の量や頻度も低下していった。また、19日には呼吸検査に加えて、便検査及び胃液検査を行い、胃炎兆候と便中にクロストリジウム属菌の増多を認め、治療を開始した。

6月4日に摂餌意欲が急に低下したが、これは検査による意欲の低下と考えられた。その後、定量に近い量や定量を摂餌するようになってきたが、給餌セッション中に離れる行動の頻度が増加し、離れる時間は延長傾向にあった。定期的な体温測定では平熱を維持して

おり、発熱などの症状は認められなかった。7月2日の血液検査結果で感染兆候と腎機能の低下が認められ、処置で抗生物質の投与と点滴を行った。

総合所見

以上の所見より、肝臓のガス壊疽による門脈ガス血症で循環不全を起こし、死に至ったと結論づける。脾臓にもガスの貯留が認められたことから、腸管から血行性に肝臓へ E.coli が感染したと考える。7月2日の血液検査所見で感染兆候が認められたのは肝臓及び脾臓への感染が生じたためと考えられる。

諸臓器でうっ血及び血管の拡張が認められたのは門脈ガス血症に起因する循環不全によるものとする。

肺の繊維化は慢性経過を経ていて、呼吸の際の濁音はそれによるものと考えられる。

肺及び脾臓の出血は狂奔によるものと考えられる。

肺水腫はショック症状による呼吸不全となった際に吐き戻した胃液や海水を誤飲したものと考えられる。

以上

株式会社 横浜八景島

獣医師 横澤彰平

イルカプールの設計趣旨

1. 計画概要・設計趣旨

1. 設計趣旨

上越市立水族博物館は日本の水族館の中でも有数である80年以上という歴史を持ち、上越の海のシンボルとして親しまれている。既存施設の老朽化も進んでいることから、これまでの歴史や豊かな資源を持った敷地のポテンシャルを継承しながらも魅力的な施設とすべく建替えを行い、日本海側を代表できるような水族博物館を目指す。具体的には下記の4つを計画の骨子とする。

①日本海を打ち出す、日本海を生かす水族館

目の前に広がる日本海の絶景や美しい夕日をまじめる開放的な観覧の場や、それらを背景とした展示空間を作り、海との親和性を重視する。生態系の保全や環境保護といった日本海に関する様々なメッセージ発信の場とする。日本海独自の海洋構造や生態系に対する興味を喚起するような計画とする。

②遊びながら学べる（エデュテイメント）水族館

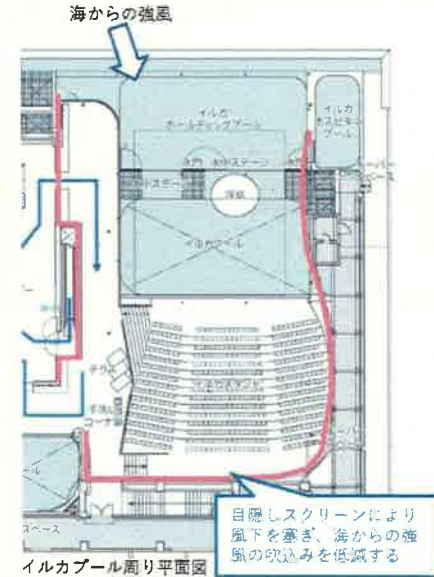
水槽の外側から単に眺めるだけの鑑賞にとどめず、生物や海をもっと身近に感じることが出来る施設を目指す。観客が水槽環境の中に分け入り生物とふれあい、共に遊び、多様な姿を見学できる計画とする。研究センターやキッズコーナーを核とし、バックヤードツアーや体験学習など来館者の知的好奇心に応じるプログラムを提供する。展示生物等にかかる充実した調査研究が行える施設・設備とする。

③夏と冬で違う姿を見せるイルカのパフォーマンス

…近年のイルカの飼育環境に配慮した施設の整備により通年で飼育をする。



イルカプール側からスタンドを見る



イルカプール周り平面図

目隠しスクリーンにより風下を塞ぎ、海からの強風の吹込みを低減する

大庇の高さは低く抑えつつ、イルカジャンプの観覧を阻害しないようむくりをつける

大庇の高さは低く抑えつつ、イルカジャンプでの衝突を避けるため開口を設置。自然光の導入も意図。

日影規制や近隣環境への配慮から極力大庇は低く抑える必要あり

日本海を背にしたインフィニティドルフィンプールの実現

イルカと観覧者の視線をなるべく近づけるために低く抑えた段床計画

冬季の2F室内でのパフォーマンス観覧に対応できるプール水深



鳥瞰写真

9. 検証結果

9-1. 死亡原因に関する各専門分野からの見解

検証期間中に関係者から委員会に提出された資料、全委員による現地視察の結果、ならびに 3 回開催された委員会での検討結果を踏まえ、飼育個体の連続斃死（表 1）の原因について、委員から出された見解は以下のとおりである。なお、検証に当たっては、3つの観点、すなわち、①飼育、②建築、③水質が委員会の設置者から掲げられ、それに応じた専門委員の選出がなされていることから、以下では、その 3つの観点ごとにわけてはあるものの、他の観点について言及した記述があることをあらかじめお断りしておく。これは、個々の委員には自身の専門分野とも関連あるいは派生して他の観点（分野）についても言及でき得る可能性があることから、ここではあえて他の観点に関する記述を排除することはしていない。その上で、委員の見解を列記したあとに、本事項に関する委員会の総括として、観点ごとに再整理した内容を結論として記載した。

表 1. 検証対象となった鯨類 2 種 4 個体の飼育経過

#		1	2	3	4
種名		バンドウイルカ		シロイルカ	
個体名		サシャ	アルク	リーヤ	ソーリヤ
2008	H20			横浜で飼育開始	横浜で飼育開始
2009	H21				
2010	H22				
2011	H23				
2012	H24				
2013	H25	横浜で飼育開始			
2014	H26		横浜で飼育開始		
2015	H27				
2016	H28				
2017	H29				
2018	H30	上越へ移動:4月→7月死亡	上越へ移動:4月	上越へ移動:5月	上越へ移動:5月
2019	H31/R1		3月死亡		
2020	R2			5月死亡	7月死亡
死亡原因 (獣医師所見)		感染性肺炎	尿細管間質性腎炎 壊死性膀胱炎	尿毒症による心停止	肝臓のガス壊疽による ショック

【観点 1: 飼育（全般）】

提出された様々な資料やデータ、ならびにとくに第 2 回会議で行われた関係者からのヒアリングの結果から、以下の諸点が連続死亡の直接あるいは間接的原因であると推察する。

- ① 飼育施設内でおきた衝突、飛び出し等の明らかに事故死ではない 4 頭の連続死亡という事態が起き、当初は、何らかの病原体の蔓延がその原因ではないかとも推察されたが、詳細にまとめられた獣医師による剖検所見、病理検査等の結果を見る限り、死因はすべて異なっていることから、同一の細菌やウイルス、真菌等の病原体が今回の連続死亡を引き起こしたとは考えられず、各個体が生前に有していた生物学的・生理学的な内的要因が何らかの外部刺激

を受けて疾病の発症につながり、最終的に死亡という結果に至ったと考える。

- ② 搬入後わずか3ヶ月で死亡した、最初の死亡個体であるバンドウイルカのサシャについては、オープン間際、パフォーマンスの完成を優先させる必要があったことから、飼育スタッフに対してプレッシャーがかかっていた可能性があることが関係者からの説明であり、それによる当該個体へのトレーニング上の負荷の増大が一部懸念されたが、体調・健康管理への配慮は最優先でなされており、これが死亡の原因につながったとは言えなかった。
- ③ 4頭目の死亡個体であるシロイルカのソーリヤについては、飼育環境の変化による影響に加え、同居個体の死亡後、同一種では単独飼育となり、水族館側でそのことに配慮した、ゴマフアザラシとの同居や飼育スタッフとの接触時間の増加の配慮がなされてはいるものの、1頭で残された個体には、同種の同居個体を失った精神的なストレスが追加された可能性がある。最初の個体（シロイルカのリーヤ）が死亡した段階で、この個体を指定管理者の別施設であり、搬入元であった横浜・八景島シーパラダイスに移動することも対応のひとつとして検討されていたことが関係者からの聞き取りで明らかになったが、健康状態が必ずしもよくない状態での移動は逆に個体の生命に危険を及ぼす可能性もある。したがって、個体の移動を仮に行うにしても、個体の健康状態を十分に加味して行うことが重要であることから、今回、その移動措置をとり得なかったこと自体を不適とすることはできない。
- ④ 横浜・八景島シーパラダイスから、上越市立水族博物館に移動したことによる飼育環境（屋外飼育施設）の変化に加え、横浜市がある太平洋側（神奈川県）と上越市のある日本海側（新潟県）の気象条件という外部環境の変化の2つに各個体が十分に適応できず、死亡に至った可能性が、程度の差こそあれ、どの個体にもあり得ると考えられる。飼育施設の構造上、外界とほぼ遮断された屋内施設がないことで、それまで飼育されていた横浜市とは異なるパターンで気候が大きく変化する、とくに夏季および冬季の気象条件の変化に対して適応できなかった可能性がある。なお、2種4個体の飼育水温については、検証委員会以前の水族館関係者による検証作業においても問題点は指摘されておらず、これまでの飼育経験も踏まえて管理もしつかりとなされており、水温変化（一定）や水温管理そのものが今回の死亡につながったとは考えにくい。横浜・八景島シーパラダイスで飼育されていたときの水温環境が基本的に維持されたまま、横浜市とは異なる外気温や風、日射の変化といった気象条件下に個体がおかれたことで、呼吸を含む、水面浮上時の鯨体に内的影響が及び、死亡につながった可能性がある。
- ⑤ 輸送前に体調不良を起こし、輸送日には体調が良化したために輸送した旨の飼育管理記録が見受けられた。このことは、横浜・八景島シーパラダイスでの飼育期間中にも当該個体には健康上、何らかの脆弱な部分があり、それを有したまま上越市に輸送され、上記の環境変化が加わったことで体調悪化につながった可能性がある。

【観点1：飼育（生理学）】

4頭のイルカが死亡した原因について、それぞれの死亡時期も病理所見も互いに異なっており、かつ病理所見の記録が丁寧かつ適切に取られているという専門家の判断と、個体の検査データや環境データを鑑みて、統一的・直接的な病因があるのではなく、イルカの内部恒常性が乱れる汎適応症候群的な反応が起き、これが間接的な原因となって死亡を招いたと考えるのが妥当であると判断した。理由およびその内容は以下の通りである。

1) ストレスによる免疫機能の低下

個体の生理学的ストレスを推定するためには、通常は視床下部-下垂体-副腎皮質軸系のホルモン（コルチゾール）やカテコールアミン類などの「ストレス指標」と呼ばれる物質の血中濃度などを測定するが、今回はそれらのデータが存在しない。しかし、小型鯨類では、代替のストレス指標として、白血球の変動（好酸球、リンパ球はストレスで減少、好中球は増加）などを用いることができると報告されており、特に好酸球の減少は共通して報告されている（Medway & Geraci 1964, St. Aubin & Geraci 1989, Noda et al. 2007）。未発表データではあるが、これまでの実験においても、ミナミバンドウイルカへの副腎皮質ステロイドの投与が顕著な好酸球の減少を引き起こすことを確認している。

上越市立水族博物館における血液性状検査で測定された白血球数およびその百分比のデータ〔海獣類（鯨類、ゴマフアザラシ）血液検査結果〕を見ると、シロイルカについては、リーヤおよびソーリャのいずれも、上越市立水族博物館への移動後にリンパ球と好酸球の比が相対的に低下している。バンドウイルカについては、アルクについてはゼロを示す日が多く、サシャについては搬入後のデータが少ないため判断できない（ただし、横浜・八景島シーパラダイスにおいても搬入前の数ヶ月は相対的に低下しており、何らかのストレスがあったと推測される）。

これらのデータから総合的に判断すると、データが少ないバンドウイルカのサシャを除く死亡した3個体は、いずれも上越市立水族博物館への搬入後、長期にわたるストレス状態にあった可能性が疑われる。ストレスにより、汎適応症候群の代表的な症状である免疫系の抑制が起こり、病原体に冒されやすい状態に陥ったことで、それぞれが別の疾病を発症した、と推測した。なお、横浜・八景島シーパラダイス（外注で検査）と上越市立水族博物館（機器による測定）では測定方法が異なり、かつ値が不安定であるため絶対値をそのまま比較することには注意を要するという現場の意見があったが、上越で死亡していないバンドウイルカでは正常範囲の値が幾度も観察されていることから、好酸球の継続的な低値の原因が測定機器の違い（だけ）にあるとは考えにくい。さらに、もし検査値に極端なずれが生じているのであれば、個体の状態を正確に把握するためにも、塗抹やマニュアルでの血球カウントなどで確かめるなどして値の補正を試みるべきであったと考える。

2) ストレス要因として考えられる事項

動物のストレス要因になり得るものとしては、人為的要因、外部環境要因（温度など）、動物の

個体間相互作用などが考えられる。日々の観察と記録、人員配置、一連の飼育業務に特に問題は見当たらなかった。遊具などを与えて飼育環境に変化をつけるような対策も取っており、飼育に関連する人為的要因がストレッサーとなったと判断することはできなかった。動物の個体間相互作用については、バンドウイルカの雄個体によるアルクやサシャの追尾などが見られたが、横浜・八景島シーパラダイスで観察されていた行動と大きく異なる点は認められなかったとのことであり、追尾行動自体がストレッサーとなった可能性も考えにくい。ただし、横浜・八景島シーパラダイスと比較して、上越では収容プールの表面積が狭まっているため（シロイルカ：研究プールⅠ・表面積 290 m²を3等分⇒97 m²→ふれんどプール・表面積 72.4 m²；バンドウイルカ：フィーディングプール 367 m²→パフォーマンスプール 121.9 m²/ホールディングプール 119.6 m²），追尾による心理的負担が相対的に大きくなった可能性も完全には排除できないが、その程度については検証できない。一方で、以下に述べる通り、外部環境、とくに横浜・八景島シーパラダイス（横浜市）との気候の違いについては、動物に身体的・生理学的に負荷をかけた可能性が十分に考えられると推察する。

① 横浜と上越の気候の違い

横浜と上越では気候が異なる。「R2 統計要覧（土地・自然）」によれば、上越市の平均気温の範囲は 2.5（1 月）～27.6℃（8 月），横浜・八景島シーパラダイスがある横浜の平均気温の範囲 5.9～26.7℃であり，上越の方が相対的に温度差が大きく，かつ冬の寒さが厳しい。また，上越では横浜よりも夏の風速が小さく（6-8 月：平均 6～11m/秒；横浜では平均 9～14m/秒），冬の風速が大きいため（1-3 月：平均 12～16m/秒，最高平均 21～28m/秒；横浜では平均 10～14m/秒，最高平均 17～25m/秒），体感温度としては，夏はより暑く，冬はより寒いと考えられる。また，夏（7-9 月）はフェーン現象などによって最高気温が 35～40℃に達する日もあり，これは横浜の最高気温（30℃強）よりも高い。さらに，当該施設のイルカ飼育プールにおいては，壁と屋根で囲われている場所が全くなく，動物たちは常に外気に暴露されている。また，プールの構造として，海に面した側に風を遮る構造物がない作りになっているため，冬の寒風が動物たちを直撃する。

イルカにおいて，体熱の調節に影響を及ぼす要因は，主として水温であると言われているが（Yeates & Houser, 2008），寒暖差のより激しい環境に搬入された場合には，個体に負担がかかり，体調や行動の変調が誘発される危険性があると報告されている（Fair, 2000）。これまでの研究でも，バンドウイルカにおいて，同じ海域由来の個体でも，飼育されている気候帯が異なれば，代謝の内分泌的な調節の動態や脂肪層の厚みが異なることが判明している（Suzuki et al. 2018）。横浜から上越に移動した個体において，元の環境に適応していた動物たちが上越の外部環境の変動の大きさに体がついていけず，それがストレッサーとなった可能性がある。また，飼育水温は年間を通じて 21℃前後に保たれていた一方で，気温は大きく変動していたため，季節に応じた動物の統一的な体内制御が妨げられていた可能性も否定できない。

具体的には，例えば，冬の低い気温に曝された場合を考えると，冷気を吸い込んだ場合，

肺を守るため、温度の低い吸気を加温すべく肺への血流を増加させて対応するが (Baile et al., 1987), イルカは鼻甲介を持たず、かつ一度の呼吸で9割の肺の気体を交換するため、多量の冷気が肺に入ることになり、それに対抗するための身体的負担は大きいと考えられる (Yeates & Houser, 2008). 個体が良い健康状態を保ち、冬に備えて十分な脂肪を蓄積していなければ、代謝に費やすエネルギーはさらに大きくなり、他に回せるエネルギーが減るため、これらの負荷や、病原体の侵入や疾病、ストレスなどに対抗できなくなる危険性がある。また、夏の高い気温や湿度も個体にダメージを与え得る。高い気温が肺の機能を低下させるなど、外気温は肺の機能に影響を及ぼし、個体を疲弊させる (Rice et al., 2019). また、鯨類は厚い皮下脂肪をもち、汗腺をもたないため (Greenwood et al. 1974), 体熱は主にひれや体表を走る血管からの放散 (Heath & Ridgway, 1999) によって、一部は呼気 (水の蒸発による熱放散, 対流熱損失) により、外へと放散されると考えられる。一般的に、外気の温度が高いと体温との差が小さくなり、外気への熱伝導が妨げられて熱の放散が起きにくくなる。その結果、体に熱がこもり、特に筋肉を動かした運動後などには動物が疲弊する可能性がある。

以上のことから、横浜よりも寒暖差の大きな上越に移された個体が、一定の水温が保たれているがゆえに、季節に合わせた脂肪の増減が十分でない状態で、外気温 (および湿度) の大きな変動からくる内部恒常性の乱れが起きていた可能性は高いと考察する。

② 前飼育施設からの輸送にともなう餌止め

輸送に伴う操作はイルカに確実にストレスを与える (Noda et al. 2007 ; Suzuki et al. 2008). 輸送方法については、一般的に行われているウェットスリング式で、鎮静剤を投与し、垂れ水をしながらか輸送し、輸送後の摂餌なども問題なかったとのことであった。輸送方法そのものは一般的に行われている方法であり、輸送中の観察も丁寧に行われており、疑問点や落ち度はなかったと判断する。ただし、気になった点としては、輸送前日には輸送中の吐き戻しを防ぐために輸送前日から当日にかけての給餌量が極度に抑えられていたことが挙げられる (リーヤは不安定のため、比較不可能)。バンドウイルカのエネルギー要求量を計算すると、年間 126~252MJ/kg、魚に換算すると 1 頭あたり 10~25kg/日に相当する (Fahlman et al. 2018). 霊長類に匹敵するほど大きな脳をもつ小型鯨類において (少なくともバンドウイルカでは)、短時間 (<24 時間) の絶食により、血糖値を維持するために筋肉や脂肪を分解して糖新生の材料を確保し始めることが知られており、絶食耐性は高くない (Ridgway 1972, Ortiz et al. 2010). このような状態で上越に搬入されたことが個体の状態にマイナスの影響を与えた可能性についても、今後のために考えていく必要があると考える。

③ プールの大きさ

上越市立水族博物館のふれんどプールの大きさについては、幅 11.9m、奥行き 6.2m、

深さ 7.0m, 表面積 72.4 m², 水量 500 m³である。諸外国の飼育基準に照らし合わせると (表 2), 水平面の縦横幅について, 奥行き 6.2m という数値は, バンドウイルカについてはぎりぎり米国の基準 (「成体体長の 2 倍以上」という基準を採用した場合) を満たしているが, シロイルカについてはこれを満たしていない。奥行きおよび水量については, 英国, イタリア, ブラジルなどの基準を満たしておらず, 広く国際的な視点で見れば「低水準である」と言われても否定することはできない。ただし, この表面積の大きさが個体にストレスを与えていた様子は, 飼育員による個体の行動観察からは認められない。

表 2. 諸外国が定める海獣類飼育環境の最低基準

(http://www.car-spaw-rac.org/IMG/pdf/OVERVIEW_CAPTIVITY_MARINE_MAMMALS_WCR.pdf)

	英国 (UK) ¹	イタリア ²	ブラジル ³	米国 (USA) ⁴
縦横幅	幅 7m 以上	直径 7m 以上の円が描けること	直径 14m 以上	直径 7.32m ないしは成体体長の 2 倍以上 (バンドウ・シロイルカなど) もしくは 4 倍以上 (マイルカなど)
水量	1000m ³ 以上, 200m ³ /頭ずつ追加	1600m ³ 以上, 400m ³ /頭ずつ追加	1600m ³ 以上, 400m ³ /頭ずつ追加	縦横幅と深さの基準を満たすこと
深さ	5.6m 以上 (シャチは 12m 以上)	3.5m 以上, 表面積の半分以上は 4.5m	6m 以上 (シロイルカは 7m 以上)	成体体長の半分以上もしくは 1.83m 以上

- 1 Annex G: Supplement to the Secretary of State's Standards of Modern Zoo Practice: Additional Standards for UK Cetacean Keeping.
- 2 Journal no. 15 of 18 January 2002. Environment Ministry (Italy) – Decree 469 of 6 December 2001.
- 3 Ministry of the Environment, Brazilian Institute for the Environment and Natural Renewable Resources (IBAMA), Regulation No 3 of 8 February 2002.
- 4 Code of Federal Regulations, US Government. Title 9 – Animals and animal products, Chapter I – Animal and plant health inspection service, department of agriculture. Part 3 – Standards. Subpart E – Specifications for the Humane Handling, Care, Treatment, and Transportation of Marine Mammals under the Animal Welfare Act (AWA). Revised as of January 3, 2001.

3) 腎臓への負荷

2018 年 10 月頃, 動物たちの腎臓の検査値が一斉に悪化 (BUN, クレアチニンの高値) していたことから, 腎臓機能の低下が考えられた。個体に共通して認められたことから, 上越での餌ないしは給餌方法, さらに海水中のミネラルバランスなどがその原因として考えられる。魚介類の骨や内臓にはリンが多く含まれているが, これがカルシウムと結合して血管内壁を硬化させ, 腎機能を低下させることが知られている (松崎ら 1995; Mathew et al. 2008)。未発表データであるが, これまでの研究において, 腎機能低下で死亡したイルカの腎臓にリン酸カルシウムが蓄積してい

ることが明らかとなっている。このことから、上越に来てからの餌内容に、相対的にリンが特に多い魚が含まれていた可能性を検討すべきである。リンが多く含まれることが知られている魚の割合に気をつけながら餌を与えているとのことであったが、リンは骨に多く含まれるため、ヒトの食物の栄養成分表では「骨ごと食べる魚」でのリン含有量がよく記載されている。イルカに給餌する場合は大抵骨ごと与えるため、魚まるごとのリンの濃度を一度測定し、把握しておくことが必要であると考え。これと合わせて、リン酸カルシウムの形成を阻害するような投薬の方法などについても、今後、検討することが望ましいと考える。

給餌方法について、イルカでは夜間の絶食によって「インシュリン抵抗性」様の症状が起きることが知られているが (Venn-Watson & Ridgway 2007 ; Venn-Watson et al. 2011), インシュリン抵抗性が腎臓の足細胞にダメージを与え、慢性的な腎機能低下を引き起こすことがわかっている (Spoto et al. 2016)。このことから、夜間の絶食時間が長いことが腎臓を悪化させる可能性も考えられたが、横浜・八景島シーパラダイスと同じく、最初から最後の給餌まで 8 時間以上空けているとのことであったため、給餌パターンによるものとは考えにくい。また、海水のミネラルバランスについては、太平洋と比較して日本海ではカルシウムがやや豊富なため (Ikegami & Kanamori, 1983), リン酸カルシウムの形成を促進する可能性も否定できないが、これについては今後検討していく事項として挙げるに止める。

【観点 1 : 飼育 (獣医学)】

死亡した 4 頭の獣医病理学的考察

基本的に報告書に記載されている通りであるが、肉眼的所見より推察される病変を追記した (表 3)。

バンドウイルカ (サシャ)

主病変：敗血症性ショック

副病変：胸水症，化膿性肺炎，化膿性肺門リンパ節炎，肺血腫，カタル性腸炎，腸間膜リンパ節炎

バンドウイルカ (アルク)

主病変：循環障害

副病変：血腹症，腎炎，化膿性肺炎，急性脾壊死，尾鰭皮膚潰瘍，皮下脂肪の膠様萎縮

シロイルカ (リーヤ)

主病変：腎不全

副病変：腸間膜化膿性リンパ節炎，心内膜症，肺水腫，吻先・尾鰭皮膚潰瘍

シロイルカ (ソーリヤ)

主病変：呼吸不全

副病変：肺線維症

以上の所見を総合的に考察すると、肺、腎、消化管などが好発臓器として挙げられるが、そ

それぞれの病変は同一ではなく、共通の病因とは考え難い。潜在性の病因、また慢性経過で進行した変化が水族博物館に移動後発症し、死の転機をたどった可能性が示唆された。今後は、日和見感染症として免疫力低下を誘引するストレス要因を抽出し、可能な限りのストレスの軽減を図ることが望まれる。

(参考 1) 獣医学領域において、ストレスによる疾患としてマンヘミア性肺炎（輸送熱、牛呼吸器病症候群の一つ）（図 1）、豚の胃潰瘍、犬のアトピー性皮膚炎や胃腸障害などが知られている。

(参考 2) ストレスを誘引する潜在的な外因

- ・ 群編成：同居個体の死、いじめ
- ・ 飼育設備：飼育槽の変化
- ・ 輸送：輸送による拘束（表 4）、輸送環境
- ・ 飼育管理者の変化：スタッフの配置変更
- ・ 自然環境：水温や外気温の変化
- ・ 生物学的要因：報告されている鯨類の微生物（死因と特定されたもの、また潜在的病因と考えられている菌）(St.Leger et al., 2018)

ウイルス：鳥インフルエンザ、ポリオーマ、ヘルペス（ α , γ ）、モルビリ、 γ レトロ

細菌：丹毒菌、非定型マイコバクテリウム

表 3. 斃死症例における主な臓器別病理学的所見

種名（個体名）	肺疾患	腎疾患	消化管疾患	その他
バンドウイルカ（サシャ）	化膿性肺炎 肺化膿性リンパ節炎 肺血腫、胸水症		カタル性腸炎 腸間膜リンパ節腫大	
バンドウイルカ（アルク）	化膿性肺炎	腎炎	腸間膜リンパ節腫大	血腹症、脾壊死
シロイルカ（リーヤ）	肺水腫 （心内膜症に由来）	腎不全	胃炎 腸間膜リンパ節膿瘍	
シロイルカ（ソーリヤ）	肺線維症		胃炎	

表 4. 移動時間（保定から解放までの拘束時間）

種名（個体名）	保定時間	解放時間	拘束時間
バンドウイルカ（サシャ）	7:10	17:38	10:28
バンドウイルカ（アルク）	7:01	18:04	11:03
シロイルカ（リーヤ）	8:02	19:32	11:30

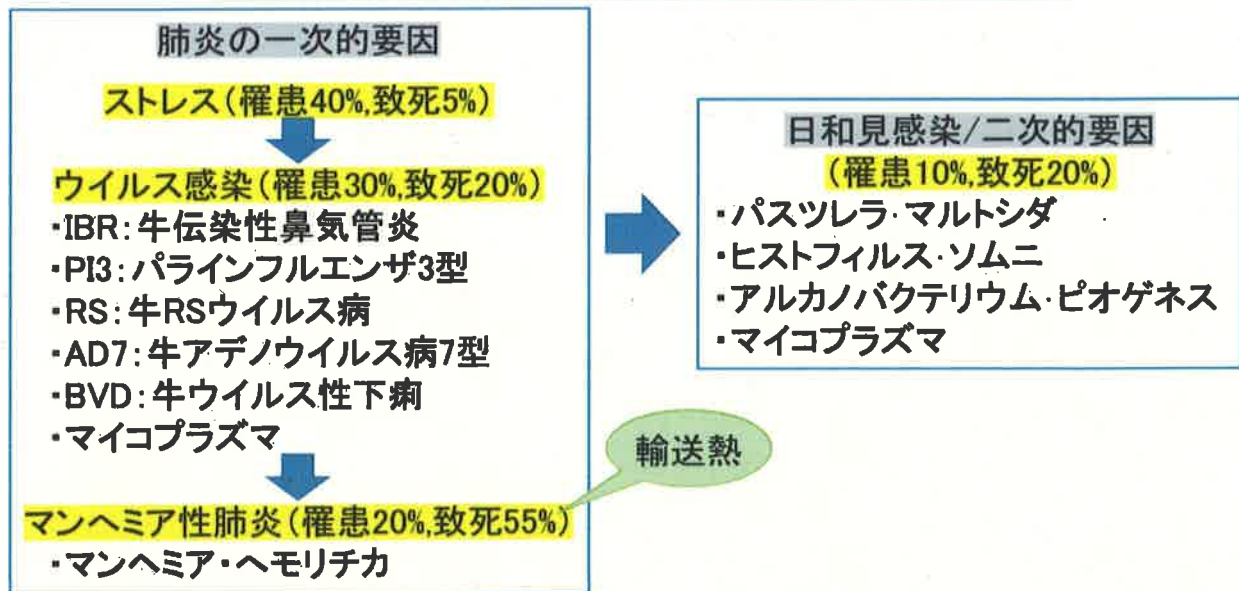


図1. 牛呼吸器病症候群 (BRDC) の発生過程 (参考)
(https://www.zoetis.jp/畜産-牛/牛の病気/牛呼吸器病症候群-_brdc_.aspx.
<http://www.pref.kyoto.jp/chutan-kaho/documents/29-4.pdf>.)

【観点2：建築】

議論の前提：

- ・ 委員会当初に市教育長より、「鯨類死亡の全責任は上越市にあることを前提に、原因を明らかにしたい。今後の健全な水族館運営に反映することを目的とする。」との発言を受けた上で、本委員会での鯨類死因に関係すると思われる自由な意見交換やアカデミズムの範疇で考察を行うこととし、飼育や建築を担当した特定個人や設計工事に関わった特定の人・組織（設計事務所、施工会社、設備工事会社等）の責任を追求するものではないという前提で、委員会では自由な議論が展開された。

死亡の原因：

- ・ 動物の死亡については、様々な複合的な要因によりストレスが発生したことが間接的原因であるというのが委員会共通の認識である。具体的な要因としては、①死亡個体が飼育されていた環境、つまり当該水族館へ移送される以前の気候・水槽環境からの当該プールへ移った後の飼育環境の変化によるストレス、②輸送中の車内環境によるストレス、③当該プールが完全に覆われていない屋上に位置しているため、主に「寒さ対策」の欠如によるストレス、④常に一緒にいた個体の死による心のストレス、等々が考えられる。
- ・ ③当該プールについては、当該建築構成の最大の特徴であり、その魅力は、日本海と視覚的につながるイルカプールである（図2，3）。天気の良い日にイルカが海面からジャンプしているように見える姿は圧巻である。一方、その開放的な建築的構成を持つがゆえに、鯨類飼育において、健全な鯨類飼育に支障を生じた可能性は拭いきれない。すなわち、日本海側の冬季の厳しい気候を考慮すれば、屋内プールの可能性も考えられたとも思われるが、現状は屋外プールのみであるため、特に真冬の海からの冷強風（20m/s以上の突風が極寒の2月に吹いた記録あり）が飼育上問題である。バンドウイルカの飼育プールには、海側に壁やガラス面などの遮蔽物が設置されていないため、冬季に日本海から、直接、プールに風が吹きつけることになる（図4）。この強冷風をイルカが呼吸時水面に上がった時に直接受け、内臓疾患などにつながったことが考えられる。また、飼育員の労働環境においても、冬季の作業は吹きさらしの中での作業が強いられている現状を改善する必要もある。
- ・ ④常に一緒にいた個体の死亡による心のストレスについて、鯨類は家族愛も強く、仲間意識も高いと言われている。いつも隣で泳いでいた個体が死亡したときの精神的なショックによる心のストレスは大きかったと推測される。
- ・ ①死亡個体が飼育されていた環境の変化については、横浜・八景島シーパラダイスでの飼育環境と現状のそれを比較すると、③で指摘した天候の大きな違いによるものの他、水槽サイズの小型化、特に平面的に狭小になったことも含めストレスの要因となり得たことも指摘できる。

振動音（図5～7）：

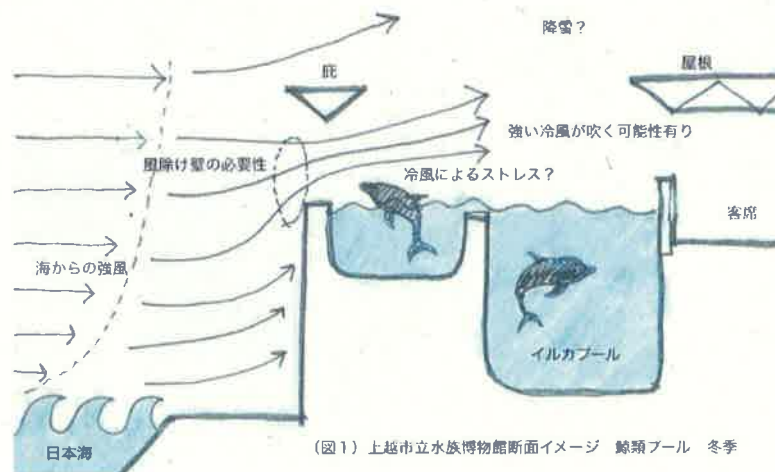
- ・ 今回、イルカプールの音環境を確かめるべく、上越市立水族博物館（以下、上越）と動物が建設前に飼育されていた横浜・八景島シーパラダイス（以下、八景島）のプール内の振動音測定を2回にわたり計測した。この計測は、今まで上越および八景島では行われたことのない計測である。
- ・ 振動音測定調査結果全体からみて、イルカは知覚できるがヒトが感知しない高周波数域（2万 Hz 以上）においても一定の振動音が常時発生していることが確かめられた。
- ・ 飼育水循環系機械室が隣接していない八景島フィーディングプール Y3-A, B は、全般的にかなり振動音が小さい。また、アトラクションのための機械室が隣接しているが、測定調査日は稼働していなかった。すなわち、最も振動音の入ってこない「静かな」状況にあった。
- ・ 上越のイルカ水槽内（イルカプール J1-A, B / イルカホールディングプール J2-A, B / ベルーガプール J3-A, B）と機械室内（J1-C, D）の比較において、機械室内（空气中）の音圧は、水中に換算すると 40dB の差があり、その測定値を補正したとしても水槽内の音圧の数値は全般的に高くなっている。水中での振動音の伝搬は、空气中より大きいことがわかり、ヒトが感じている振動音より、イルカはより大きな振動音を常時知覚していると推測する。
- ・ 上越と八景島の振動音測定調査結果をみると、上越では、飼育プールによっては振動音圧が高い。特に、中～高周波数の範囲（2KHz～10 万 Hz）において数値が高くなっている。また、高周波数でも人の聞こえない周波数域（2 万 Hz 以上）は、尻上がりに数値が上がっている。中～高周波数の範囲（2KHz～10 万 Hz）はイルカ同士のコミュニケーションに使用される周波数範囲（10KHz～10 万 Hz）とほぼ重なっている。
- ・ 音圧が高くなっている部分、特に、数値が（山のよう）急に高くなっている特定の周波数は何箇所かみられる。測定会社からは「イルカの声、または動きによる音圧上昇の可能性あり」というコメントがあった。今回の結果からだけでは振動音の発生源を特定する材料に乏しいが、コミュニケーションに使用される周波数範囲（10KHz～10 万 Hz）の振動音はイルカ同士の会話の影響も考えられる。
- ・ 飼育プールによっては、八景島の方が、イルカにとって比較的「静か」な環境であったと読みかえることもできる。生物学的にイルカがどの程度までの振動音圧を許容するのかはここでは判断できないが、振動音が上越でのストレスの発生につながった可能性は否定できない。
- ・ 以前より、既存水族館での増築や改修工事に当たる場合は、イルカは工事による振動音に敏感に反応するため「工事箇所と既存イルカプールとの離隔距離や工事時間・方法については慎重に対処すべき」というのが飼育員の一般的な助言であった。今回の振動音測定では、全ての音の発生源は特定できていないが、上越では飼育プールによっては数値が高く、プールに隣接した機械からの伝達音が影響している可能性が高い。現段階では、振動音の遮音性を抜本的に改善することは困難であるが、イルカ飼育プールの今後のつくりかたに参考となる結果は得られた。



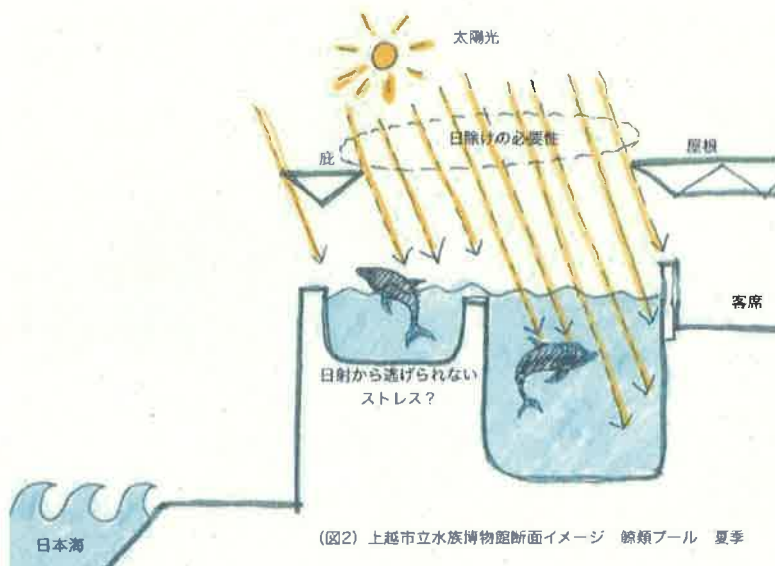
図2. 日本海と視覚的につながる
イルカショープール



図3. 海側に風除け壁がなく、
屋根には大きな開口



(図1) 上越市立水族博物館断面イメージ 鯨類プール 冬季



(図2) 上越市立水族博物館断面イメージ 鯨類プール 夏季

図4. 上越市立水族博物館断面イメージ 鯨類プール
(バンドウイルカの飼育プールの例；上：冬季，下：夏季)



図5. ポンプ機械基礎・配管 壁への直接アンカーの様子

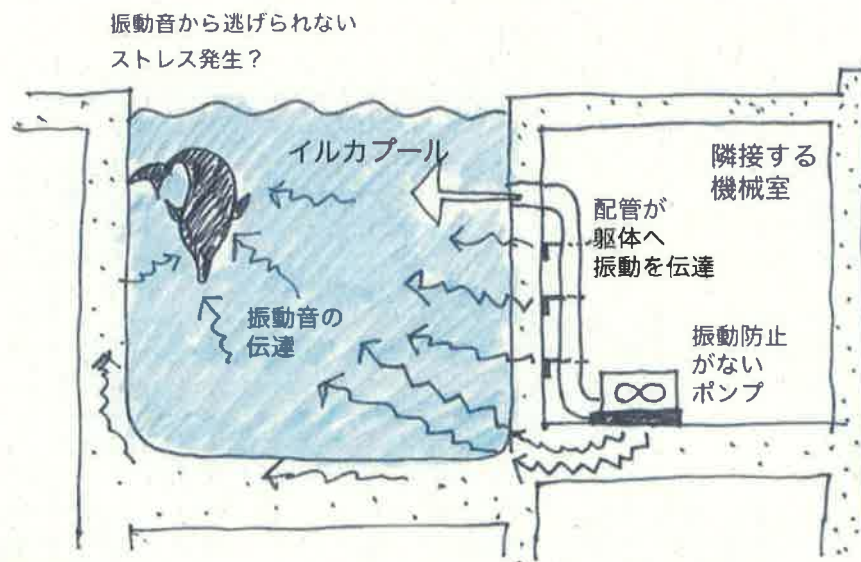


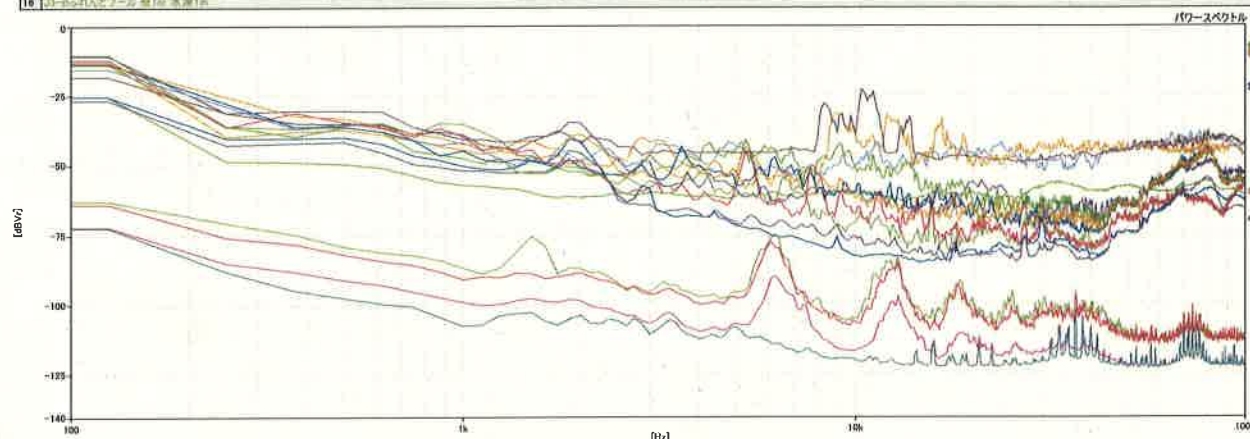
図6. 上越市立水族博物館断面 鯨類プールへの振動音伝達イメージ

上越市立水族博物館

■2020年11月13日 測定データ

20201113T14:33:59

1	J1-A1ファーマンズプール壁0m水深1m 運転音
2	J1-A1ファーマンズプール壁0m水深1m 運転音
3	J1-A1ファーマンズプール壁1m水深1m 運転音
4	J1-B1ファーマンズプール壁1m水深1m 運転音
5	J1-C1ファーマンズプール壁0m水深1m 運転音
6	J1-C1ファーマンズプール壁0m水深1m 運転音
7	J1-C1ファーマンズプール壁1m水深1m 運転音
8	J1-C1ファーマンズプール壁1m水深1m 運転音
9	J2-A1ファーマンズプール壁0m水深1m 運転音
10	J2-A1ファーマンズプール壁0m水深1m 運転音
11	J2-A1ファーマンズプール壁0m水深1m 運転音
12	J2-B1ファーマンズプール壁1m水深1m 運転音
13	J2-B1ファーマンズプール壁1m水深1m 運転音
14	J2-B1ファーマンズプール壁1m水深1m 運転音
15	J3-A1ファーマンズプール壁0m水深1m 運転音
16	J3-A1ファーマンズプール壁0m水深1m 運転音
17	J3-B1ファーマンズプール壁1m水深1m 運転音



ヒトの知覚周波数 20Hz ~ 20,000Hz 会話の周波数 250Hz ~ 4,000Hz

イルカの知覚周波数 150Hz ~ 150,000Hz 会話の周波数 10,000Hz ~ 100,000Hz

八景島シーパラダイス

■2020年12月03日 測定データ

20201203T14:45:04

1	Y1-A 壁0m 水深1m
2	Y1-B 壁1m 水深1m
3	Y2-A 壁0m 水深1m
4	Y2-B 壁1m 水深1m
5	Y3-A 壁0m 水深1m
6	Y3-B 壁1m 水深1m

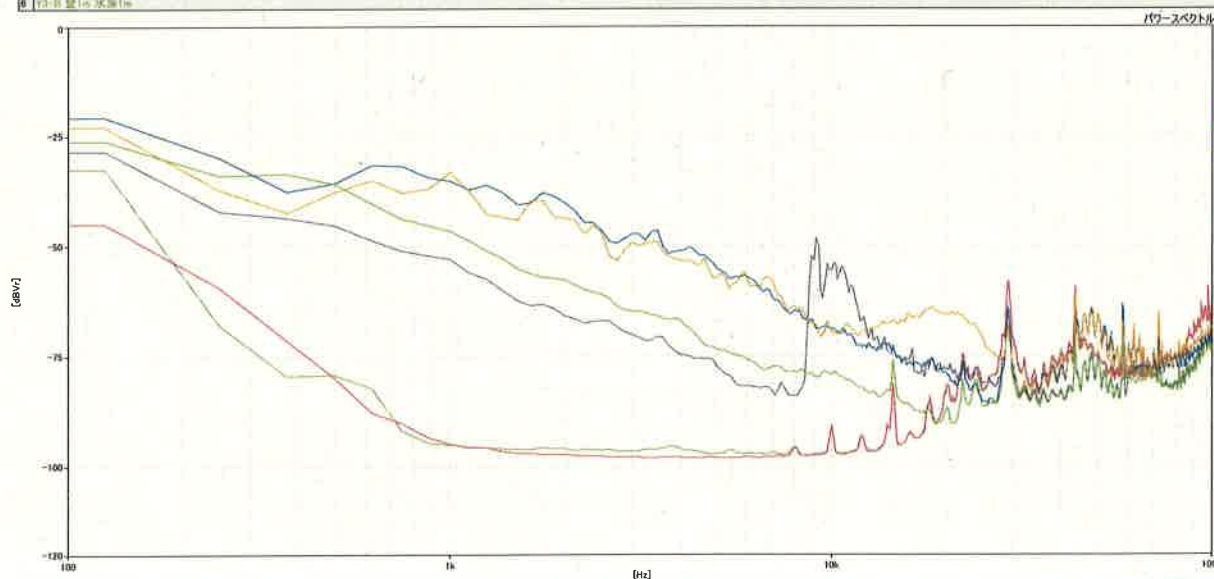


図7. 上越市立水族博物館（2020年11月13日；上）と
横浜・八景島シーパラダイス（2020年12月3日；下）での振動音測定結果

【観点3：水質】

飼育水質の観点からは、結論からすると、本鯨類死亡の原因に関し、飼育水質が悪影響を及ぼしたためとは特定できない。

検証対象となった鯨類死亡の原因に関して、飼育水質に関しては2つの視点、すなわち、急性毒性による死亡と慢性毒性による死亡について、死亡につながる要因があるか否かを検証した。急性毒性に関しては、飼育水質が急に悪化することで数時間や数日で鯨類を死亡させてしまうような毒性のレベルである。慢性毒性は、数ヶ月から数年という間に症状がみられるようになる劇物・毒物のレベルである。

急性毒性に関わる水質項目に関し、飼育水取水海域と飼育プールについて確認を行った。

飼育水の取水は、水族博物館から約800m沖合の直江津海域から取水している。令和元年度までの新潟県（および上越市）の環境白書では、新潟県の海域において環境基準は全て満たされていることから、直江津海域の水質も鯨類の飼育に適したレベルであったと考えられる。

さらに、直江津海域にある取水口の近郊に流入する河川に注目すると、関川がある。関川の環境基準が満たされなくなることは、関川上流において水銀が自然由来で時折混入することが挙げられている。4頭の鯨類が斃死した期間に関し、報告されているモニタリング結果からは、直江津海域（取水口のある海域）の水質項目に関して環境基準の超過はみられないことを確認した（新潟県の水質モニタリングの報告の事例としては、次のURLなどがあるが、直江津海域は環境基準を達成している：<https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/kankyotaisaku/2020sekikawa-pb-kankyokijun.html>），このことから、飼育のための取水の水質としては、飼育に適した性状であったと判断できる。

飼育プールに関しては、水交換率が1日当たり10%であることから（10日に1回相当の水交換）、海域からの取水水質が1～2日くらいの期間で変化しても、飼育プールの水槽での水質の急激な変化は起きないと考えられる。ただし、1週間～10日程度の期間で取水口の水質が変化した場合は、飼育水質にも注意が必要である（塩分濃度が、河川由来か降雨由来で低下しているところが3年間の飼育記録から読み取られる）。

次に、慢性毒性に関しては、取水口のある直江津海域の環境基準が達成されていることから、死亡原因になるとは考えにくい。生存を続けている他の2頭のバンドウイルカや他の魚介類が2018年8月以降で大量に死亡するなどの事案も生じていない。

水質に関する環境基準以外の事項のうち、飼育環境に関することとしては、水素イオン濃度指数pH、塩分濃度（‰）、水温（℃）がある。2018年8月以降の水質データから、pHと塩分濃度がいずれも低下している期間があるが、これは、河川水あるいは降水が取水口水質を変化させたためと考えられる。飼育水温に関しては、若干低めの期間が見受けられた。

表 5. 外海水に関して気になる点

時期	pH	塩分濃度‰	備考
環境基準 (海域)	7.8～8.3	15～36 (Animal Welfare Regulations, Ver. 2017)	
2020 年 (7月まで)	最低 7.2～最高 8.5 平均 7.95～8.13 ●1月初旬 pH 低め ●3/10 は 7.48 ●3/23 は 7.54	概ね 32～35, 平均 34	●河川水, 降水の混入 1 割程度 ●pH が基準の 7.8 を下回るようになっている
2019 年	最低 6.86～最高 8.65 平均 7.71～8.13 ●12 月は平均 7.7 と低め. 8.65 もあり, ばらついた値であった	最低 30～最高 37 平均 33～34	●河川水, 降水の混入 1～2 割 ●pH が基準の 7.8 を下回るようになっている
2018 年 (8月以降)	最低 8.04～最高 8.34 平均 8.14～8.26	なし	

表 6. 飼育水槽仕様

水槽	No.61	No.62	No.64	備考
水槽名	ペンギンプール	ふれんどプール	イルカプール	
飼育生物	マゼランペンギン約 120 羽	ゴマフアザラシ 2 頭 シロイルカ 2 頭	バンドウイルカ 4 頭	
水槽容 (m ³)	180	500	770	
飼育密度 (kg/m ³)	0.9	4.3	1.5	
給餌割合 (kg/kg/日)	0.20	0.01	0.01	
給餌回数 (回/日)	3	3	6	
給餌量 (kg/日)	96	82	48	
補給水 (m ³ /日)	18	50	77	
補給水/水槽容積 (%/日)	10	10	10	適 (入れ替わりに要する日数は、単純計算で 10 日レベル)
ろ過循環設備				
ターン数 (ターン/日)	24	17	12	適
ろ過速度 (m/h)	20	25	20	
薬品投入設備	凝集剤, ストレーナー, 次亜塩素酸ナトリウム, オゾン	凝集剤, ストレーナー, 次亜塩素酸ナトリウム, オゾン	凝集剤, ストレーナー, 次亜塩素酸ナトリウム, オゾン	適 イルカプールおよびふれんどプールの遊離残留塩素濃度は概ね 0.1~0.2mg/L, 2 年間の最大 1.3mg/L. 参考: 飲用水の残留塩素濃度 0.1~1.0mg/L で管理.
飼育水温 (1 時間毎測定の平均)		夏季約 19℃ 冬季約 18℃	夏季約 23℃ 冬季約 22℃ ●2018 年 12 月末は 17℃が 2 日連続	<u>至適飼育温度</u> <u>バンドウイルカ: 18~23℃</u> <u>シロイルカ: 15~20℃</u> <u>ふれんどプールは</u> <u>2018 年冬季約 15℃, 夏季約 19℃</u> <u>2018 年 12 月末 13.2℃</u> <u>2019 年 1 月 10 日にイルカプールと接続し, イルカプール並み.</u> <u>2020 年 14~16℃もあり, 17~19℃程度.</u>

【結論】

飼育鯨類 4 頭の 2 年間における連続斃死の原因について、各委員それぞれの専門分野からの見解、および指定管理者等関係者からの聞き取りの結果を総合的に判断し、検証対象となった 3 つの観点からの結論は以下のとおりである。

飼育の観点からは、死亡した 4 頭の横浜・八景島シーパラダイスで飼育されていたときの飼育経過、飼育環境、横浜市から上越市への個体輸送の経過と状況、さらに上越市立水族博物館の施設と設備、個体が搬入されてから死亡に至るまでの個体の血液検査結果や給餌量等を含む飼育状況とその経過、飼育に関わる人員体制、飼育水温や外気温等の気象データ、死亡時の獣医師による解剖所見等からみた結果、4 頭が死亡した原因については、各個体の死亡時期も病理所見も互いに異なり、かつ病理所見の記録が丁寧かつ適切に取られていることから、特定の物理的・化学的・生物学的要因による統一的・直接的な病変があるのではなく、個体の内部恒常性が乱れる汎適応症候群的な反応が起き、これが間接的原因となって死亡に至ったと考えるのが妥当であると考えられた。最初に死亡したバンドウイルカ 1 頭（サシャ）については、搬入後まもなく死亡したため、データが少なく、他の 3 個体と同一にその死因に言及することはできないが、サシャ以外の 3 個体は、血液検査のデータから、いずれも上越市立水族博物館への搬入後、長期あるいは短期のストレス負荷を受けた可能性が疑われた。ストレス要因としては、最初に推測されるのは輸送時の拘束であるが、搬入後、一連の飼育業務にとくに問題点は見当たらず、遊具も与えて飼育環境に変化をつける対策も取られていたことから、飼育に関連する人為的要因がストレス要因となったと判断することはできなかった。これに対し、外部環境、すなわち、死亡個体の搬入元がある太平洋側の比較的温暖な横浜市と搬入先である日本海側のとくに冬季に寒冷な上越市との気候（気温、風速）の年較差に違いがあり、飼育水温の環境は搬入元と搬入先でほとんどかわらないまま、飼育個体は、夏の暑さ、冬の寒さをより強く体感する環境に置かれ、建築の観点でも述べる施設の構造上の問題から、その差を回避することができなかったことによって体熱調節や代謝の内分泌調節に影響が及び、元の環境に適応していた動物たちが上越市の外部環境変動の大きさに生理学的についていけず、それが引き金となり、引いてはそれまでの各個体の健康状態とも相俟って、免疫力の低下につながり、死亡に至った可能性があると考えられた。また、最後に死亡した 2 頭目のシロイルカ（ソーリヤ）については、同居個体であった同種別個体（リーヤ）の死亡により単独飼育となったことによる精神的負荷が加わったことにより、推測の域ではあるが、死亡につながった可能性がある。この同種単独飼育を改善するため、横浜・八景島シーパラダイスへの避難措置も検討されたが、長時間の輸送は個体の健康状態を鑑みて行うべきであることから、この措置を回避した判断を非難することはできない。

建築の観点からは、この施設の建築上の最大の特徴である日本海と視覚的につながる鯨類飼育プールにおいて、自然環境に対する施設上の防御不足が指摘された。日本海側の冬季の厳しい気候を考慮した場合、屋内プールという選択肢もあったが、現状海側には風除け壁がなく、また屋根にも大きな開口部があり、夏季の高気温・直射日光、冬季の低気温・強風を飼育個体がまともに受け、それらを回避するための構造になっていないことが死亡原因につながった可能性がある。

なお、他の鯨類施設と比較して、飼育水槽のサイズが、深さに対して表面積が狭い傾向にあったが、それ自体が飼育個体にストレスを与え、死亡の要因となった可能性とするまでには至らなかった。また、飼育水槽直下に濾過槽やポンプなどの設備がある点で飼育個体に対するそれら装置が発生する振動音の影響が危惧されたため、新規の検証作業として振動音の測定を専門業者に委託して行った。その結果、音の発生源は確定できなかったものの、人が感知できない音域でも音が発生しており、飼育プールによっては、横浜・八景島シーパラダイスに比して測定値が高かった。これは、プールに隣接した機械からの伝達音によると考えられ、こうした振動音が飼育個体のストレスとなった可能性は否定できない。なお、バンドウイルカとシロイルカの2種それぞれにおいて、また個体によって、どの程度まで振動音を生物学的に許容するか判断はここではできない。

水質の観点からは、急性毒性、慢性毒性、双方の観点から、飼育水を取水している海域の環境基準とも照らし、取水のpH、塩分、さらに飼育水の濾過、薬品投入の状況や水温からみて、4頭の死亡につながったと考えられる要因は特定できなかった。

参考として、以上の内容の要点を「上越市立水族博物館における飼育鯨類の連続斃死に関する検証結果の要点」として次頁にまとめた。

最後に、上記検証結果の取り扱いについては、検証作業の開始に先立ち、委員会の設置者である上越市教育委員会より、今後の上越市立水族博物館の健全な運営に資するために、その鯨類の飼育環境に限定して3つの観点から行うものであって、飼育や設計・建築等を担当した特定の個人や組織の責任を追求することではなく、責任は上越市教育委員会がすべてもつことが明言されていることを申し添える。

上越市立水族博物館における 飼育鯨類の連続斃死に関する検証結果の要点

観 点	バンドウイルカ		シロイルカ	
	サシャ	アルク	リーヤ	ソーリヤ
飼 育	◆ 特定の物理的・化学的・生物学的要因による統一的・直接的な病変は認められない。 ◆ 個体の取り扱い，人員体制，個体間関係には死亡の原因は見出せない。 ◆ 個体が，搬入元とは外部環境が異なる地域に移動したことにより，その環境差に適応できず，内部恒常性が乱れる汎適応症候群的な反応が起き，これが間接的要因となって死亡に至った可能性がある。 ◆ 各個体の間接的要因が共通であるとは限らない。			
				
			◆ 同種・別個体の死亡により，群れ組成が変化し，そのことが個体に影響を及ぼした可能性がある。	
建 築	◆ 搬入元(横浜市;太平洋側)と搬入先(上越市;日本海側)の気象条件(気温，風，日射)の違い(年較差)に個体が適応するための施設上の防御の不足(屋根，防風壁等)の可能性がある。 ◆ 飼育プールによっては，隣接機械室の振動伝達の影響の可能性がある。			
水 質	◆ 取水や飼育水の水質項目・性状には，死亡につながったと特定される事項は認められない。			

◆ 同種・別個体の死亡により、群れ組成が変化し、そのことが個体に影響を及ぼした可能性がある。

9-2. 今後の鯨類飼育等に関する提言

9-1 を踏まえ、水族博物館において、今後、鯨類の飼育を継続するにあたり、飼育個体の健康管理に資すると考えられる事項として、今回検証を行った 3 つの観点を中心に、以下に提言をまとめた。これらについては、今後、上越市教育委員会、指定管理者が検討・協議するとともに、他の鯨類飼育園館（とくに日本海側に設置されている園館）や鯨類飼育関係者、各専門分野における鯨類研究者等の意見も取り入れ、その効果についての必要な検証を可能な範囲で行った上で、適否の判断と取捨を検討されたい。

- ① 個体が何らかの理由により体調を崩した場合のことを考えると、簡易的なものでもよいので、外気の暑さ（夏季）や寒さ（冬季）を避けられる場所の確保（施設整備）が必要である。
- ② 理想的には、飼育施設を天候に左右されにくい室内化するのが最適である。少なくとも風除けとなるプール海側に水面から高さ 2m 以上の風除け壁（ホリゾン）の設置および夏季の直射日光を遮る天蓋（屋根、テント等）設置を考えるべきである。
- ③ 飼育設備の振動音が、常時イルカに知覚されていると考えられる測定結果、および測定値が飼育個体の搬入元に比し、一部の飼育プールでは大きめであったことから、以後の施設の大規模改修を計画する場合には、今回の測定結果および鯨類の音響生物学の専門家の新たな意見も取り入れ、遮音性能について見直しをすることが望まれる。
- ④ 屋外での鯨類飼育を継続するのであれば、個体が季節（外気温）の変化に対応できるようにするため、現在の水温設定の見直しを含め、ある程度の水温変化をつけることにより、体内の代謝を切り替える（脂肪の蓄積と分解を適切に行う）補助をすることが必要と思われる。
- ⑤ 飼育水温の維持に関し、至適温度と飼育での上限・下限の目安を確認し、水温管理をすることが必要である。
- ⑥ 取水に関し、直江津海域から外海水を取水しているが、pH と塩分濃度が低く、海域の水質としての環境基準の範囲でなくなる期間があるため、その期間が 5 日以上続くようであれば、取水を控え、浄水装置でしのぐなどの措置が必要と考えられる。海水の補給水量は総容量に対して 1 日当たり 10% であるため、単純計算すると 10 日間でおおよそその水は入れ替わることになる。
- ⑦ 「上越市の環境」や新潟県公共用水域の水質測定結果を参照し、取水海水が飼育に適しているかを確認、モニタリングしていくことが必要である。
- ⑧ 個体の体調や同居個体等との関係を鑑み、移送に関わる体力にも配慮した獣医師の判断下において、悪天候（極寒）時の一時的避難、精神的なショックを受けた際の一時的な緊急移送などの飼育個体の避難体制を整備しておくことが望まれる。
- ⑨ 現在の鯨類の飼育環境を改めて全体的に見直し、潜在的ストレス要因の軽減への配慮が望

まれる。

- ⑩ 最新の研究知見も活かし、餌に含まれるリン濃度を把握し、高リン食にならないような配慮が必要であると思われる。
- ⑪ 血液検査等の日常的な健康管理に必要な飼育個体の検査データを収集するにあたり、検査機関や検査機器による違いを把握し、飼育個体の検査値の基準化を行っておくことが望まれる。
- ⑫ 不幸にして飼育個体が死亡した場合に備え、検死体制を充実させ、病理解剖技術および検死体制の向上に努め、病理解剖学的および病理組織学的検索、また必要に応じて細菌学的検査の実施を強化することが望まれる。
- ⑬ 飼育個体が死亡した場合、剖検に対応する獣医師が異なることは避けることができないが、獣医所見の書式を指定管理者およびその関係者間では基本的には統一して所見を記載することにより、死亡原因の異同を明らかにしやすくなる可能性があると思われる。
- ⑭ 学術的探究の必要性として、疾病に関し、動物園や水族館など他の関係機関との情報共有、研究発表等を進めるとともに、日和見疾患を誘引する不顕性感染の研究、とくに呼吸器系および消化器系の常在微生物との関連性の追究が望まれる。
- ⑮ 新たな飼育個体の搬入を考える場合には、対象種の生物学的特性を踏まえた上で、搬入元の飼育環境との違いについて事前に十分な検討を行い、搬入後の飼育に関わる外部環境を大きく変えない措置を講じる必要がある。
- ⑯ シロイルカの飼育を再度考える場合には、横浜・八景島シーパラダイスでの飼育実績、飼育技術の範囲に留まることなく、国内に数箇所ある同種飼育園館にも協力を求め、飼育環境の改善策を検討することが望まれる。北極海とその周辺海域を生息地としている本種については、その飼育プールに日除けはとくに重要である。
- ⑰ 日本動物園水族館協会や日本水族館協会に対する今回の検証結果のフィードバックを行い、他の鯨類飼育施設において、今回のような連続死亡がおきないように、飼育環境の見直しをあらためて図ることが望まれる。

10. 要約

平成 30 年 6 月、それ以前は夏季限定で行われていた上越市におけるイルカの展示を上越市立水族博物館「うみがたり」を新たにオープンすることにより、2 種の鯨類、すなわち、バンドウイルカとシロイルカの通年公開展示が始まった。それは市民の期待にも応え、水族博物館設置の目的は大いに達成されていた。しかし、オープンから間もない平成 30 年 7 月に 1 頭目のバンドウイルカが死亡（飼育日数 88 日；主病変：敗血症性ショック）、翌平成 31 年 3 月に 2 頭目のバンドウイルカが死亡した（同 329 日、循環障害）。ついで令和 2 年 5 月には、別種のシロイルカの 1 頭目が死亡し（飼育日数 742 日；主病変：腎不全）、同年 7 月に 2 頭目のシロイルカが死亡する（同 786 日、呼吸不全）という事態が生じ、開館から約 2 年余りで 4 頭の鯨類が斃死した。この異常な事態を受け、上越市では、水族博物館における鯨類の飼育環境について、第三者による客観的考察を受けるため、上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会（以下「委員会」）を令和 2 年 7 月に設置した。委員会は、鯨類の飼育環境の現状とこれまでの対応について、①飼育、建築、水質の各専門分野から検証し、死亡に至った直接あるいは間接的な原因を明らかにするとともに、②その検証結果を今後の鯨類の飼育展示に活かすための提言を行うことを目的として検証作業を行った。

専門分野の異なる大学所属の研究者 5 名からなる委員により、令和 2 年 8 月から令和 3 年 1 月に 3 回にわたって委員会が開催され、上記 2 つの付託事項に対する検討が行われた。委員会開催にあたっては、飼育環境の検証に必要な全体で数百ページに及ぶ資料の提出を受け、また、委員による現地視察や関係者からの聞き取りも行われ、斃死個体の基本的生物学データ（性別、年齢、体長、体重）、給餌量・餌料内容、血液一般性状・生化学検査の結果、他の飼育個体との個体間関係、輸送経過、治療経過、死亡時の獣医学的所見、気温・風等の気象条件、水温等の水質（飼育水の取水とも関わる近隣河川のデータも含む）、飼育管理に係る人員体制、水族博物館全体および飼育水槽、設備等の設計図ならびに設計に係るシミュレーション結果、設備機器が発する振動音、国内他園館との飼育施設の比較など、さらに一部の項目については、上越市立水族博物館での飼育期間以前の、横浜・八景島シーパラダイスで飼育されていた期間の資料をもとに、さまざまな観点からの検討が行われた。

その結果、死亡に至った直接的あるいは間接的な原因について、以下の結論が得られた。すなわち、第一の観点である、飼育については、特定の物理的・化学的・生物学的（細菌、ウイルス等）要因による統一的・直接的な病変があるとは言えず、水温一定の環境下で飼育された個体が、外部環境が異なる地域に移動したことにより、その環境差への適応ができず、内部恒常性が乱れる汎適応症候群的な反応が起き、これが間接的な原因となって死亡に至ったのではないかと考えられた。また、最後に死亡した 2 頭目のシロイルカについては、他の 2 個体と同様な要因による影響に加え、同居していた同種他個体の死亡によって生じた単独飼育が影響した可能性も考えられた。第二の観点である建築分野については、前述の指摘の原因となる、搬入元（横浜市；太平洋側）と搬入先（上越市；日本海側）の気象条件（気温、風、日射）の違い（年較差）に動物が適

応するための施設上の防御不足（屋根、防風壁等）が死亡につながった要因の可能性として考えられた。飼育設備が発する振動音が一部の飼育個体のストレス要因となっていた可能性も否定できなかったが、個体に対する測定値の影響評価が困難であり、死亡につながった要因であるとは判断できなかった。最後の第三の観点である水質分野については、飼育水として取水した外海水の水質、および飼育水の管理状況からみて、死亡につながったと考えられる要因の特定はできなかった。

以上の連続死亡に係る原因の検証結果を今後の水族博物館における鯨類の持続的展示に活かすため、委員会からは、飼育鯨類の生理機能への影響を軽減するための日本海側特有の気象条件に配慮した可能な範囲での施設の早期改修、飼育水の設定水温やその変化についての再検討、取水を含む飼育水の水質に関するモニタリングの強化、個体の健康状態が悪化した場合に係る避難体制、餌成分についての見直し、健康管理に必要な検査値の測定法の違いを踏まえた基準化の推進、獣医学的研究実施体制や学術的知見の情報交換や共有の強化、新規個体導入にあたっての飼育条件の精査、国内の水族館関連団体への検証結果のフィードバック等の諸点をあげ、今後、これらについて、上越市教育委員会、指定管理者で検討・協議を行うとともに、他の鯨類飼育園館や鯨類研究者等の意見も取り入れて必要な効果の検証を行った上で、その適否の判断と取捨を検討することを提言した。

11. 文献

- Baile, E. M., Dahlby, R. W., Wiggs, B. R., Parsons, G. H. & Pare, P. D. (1987). Effect of cold and warm dry air hyperventilation on canine airway blood flow. *Journal of Applied Physiology*, 62, 526-532.
- Fair, P. A. & Becker, P. R. (2000). Review of stress in marine mammals. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 7(4), 335-354.
- Fahlman, A., Brodsky, M., Wells, R., McHugh, K., Allen, J., Barleycorn, A., Sweeny, J.C., Fauquier, D. & Moore, M. (2018). Field energetics and lung function in wild bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sarasota Bay Florida. *Royal Society Open Science*, 5(1), 171280.
- Greenwood A. G., Harrison, R. J. & Whitting, H. W. (1974). Functional and pathological aspects of the skin of marine mammals. In: Functional Anatomy of Marine Mammals. R. J. Harrison ed., Academic Press, pp.73-110.
- Heath, M. E. & Ridgway, S. H. (1999). How dolphins use their blubber to avoid heat stress during encounters with warm water. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 276 (4), R1188-R1194.
- Ikegami, H. & Kanamori, S. (1983). Calcium-alkalinity-nitrate relationship in the North Pacific and the Japan Sea. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, 39(1), 9-14.
- Mathew, S., Tustison, K. S., Sugatani, T., Chaudhary, L. R., Rifas, L. & Hruska, K. A. (2008). The mechanism of phosphorus as a cardiovascular risk factor in CKD. *Journal of the American Society of Nephrology*, 19(6), 1092-1105.
- Medway, W. & Geraci, J. R. (1964). Hematology of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 207(6), 1367-1370.
- Noda, K., Akiyoshi, H., Aoki, M., Shimada, T. & Ohashi, F. (2007). Relationship between transportation stress and polymorphonuclear cell functions of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Journal of Veterinary Medical Science*, 69(4), 379-383.
- Ortiz, R. M., Long, B., Casper, D., Ortiz, C. L. & Williams, T. M. 2010. Biochemical and hormonal changes during acute fasting and re-feeding in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Marine Mammal Science*, 26, 409-419.
- Rice, M. B., Li, W., Wilker, E. H., Gold, D. R., Schwartz, J., Zanobetti, A., Koutrakis P., Kloog I., Washko G. R., O'Connor G. T. & Mittleman, M. A. (2019). Association of outdoor temperature with lung function in a temperate climate. *European Respiratory Journal*, 53 (1), 1800612.
- Ridgway, S. H., 1972. Homeostasis in the aquatic environment. In Mammals of the Sea (ed. S. M. Ridgway) pp.590-747. IL, USA: Charles C Thomas Publisher.
- Spoto, B., Pisano, A. & Zoccali, C. (2016). Insulin resistance in chronic kidney disease: a systematic review. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*, 311(6), F1087-F1108.
- St. Aubin, D. J. & Geraci, J. R. (1989). Adaptive changes in hematologic and plasma chemical constituents in captive beluga whales, *Delphinapterus leucas*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46(5), 796-803.
- St. Leger, J., Raverty, S. & Mena, A. (2018) Cetacea. In Pathology of Wildlife and Zoo Animals, (K.A. Terio, D. Mcaloose, J.St. Leger eds.), Academic Press, Elsevier, MA. pp.533-565.
- Suzuki, M., Hirako, K., Saito, S., Suzuki, C., Kashiwabara, T. & Koie, H. (2008). Usage of high-performance mattresses for transport of Indo-Pacific bottlenose dolphin. *Zoo Biology*, 27(4), 331-340.
- Suzuki, M., Banno, K., Usui, T., Funasaka, N., Segawa, T., Kirihata, T., Kamisako, H. & Munakata, A. (2018). Seasonal changes in plasma levels of thyroid hormones and the effects of the hormones on

cellular ATP content in common bottlenose dolphin. *General and Comparative Endocrinology*, 262, 20-26.

Venn-Watson, S. K. & Ridgway, S. H. (2007). Big brains and blood glucose: common ground for diabetes mellitus in humans and healthy dolphins. *Comparative Medicine*, 57(4), 390-395.

Venn-Watson, S., Carlin, K. & Ridgway, S. (2011). Dolphins as animal models for type 2 diabetes: sustained, post-prandial hyperglycemia and hyperinsulinemia. *General and Comparative Endocrinology*, 170, 193-199.

Yeates, L. C. & Houser, D. S. (2008). Thermal tolerance in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Journal of Experimental Biology*, 211(20), 3249-3257.

上越市水族博物館の施設管理の記録。「上越市の環境」環境保全の施策，令和1年上越市HP.

松崎広志，上原万里子，鈴木和春，佐藤茂，五島孜郎．（1995）高リン食投与時の腎石灰化と腎機能との関係．日本栄養・食糧学会誌，48（3），217-223.

新潟県公共用水域の水質測定結果（直江津海域，平成28，29，30年度），新潟県庁HP.

