

上越市立水族博物館における
鯨類飼育環境の検証結果を踏まえた取組に係る報告書

令和7年2月
上越市教育委員会

目 次

I	経緯	1
II	夏期における日射対策について	2
III	冬期における防風措置について	6
IV	飼育水温管理及び個体の体づくりについて	24
V	水質管理について	32
VI	飼育個体のストレスについて	35
VII	餌料の成分分析について	40
VIII	血液検査について	41
IX	その他の取組	51
1	飼育設備の振動音対策について	51
2	悪天候時等の緊急避難について	51
3	潜在的ストレス要因の低減について	51
4	検死体制の充実について	51
5	死亡診断書の様式統一について	51
6	他園館、研究機関との情報共有、研究について	51
7	鯨類の補充時の対応について	52
8	シロイルカの飼育について	52
9	(公社)日本動物園水族館協会や(一社)日本水族館協会に対する 検証結果のフィードバックについて	53
X	まとめ	54
XI	文献	54
XII	付録	55

I 経緯

上越市立水族博物館（以下「水族博物館」という。）では、平成30年6月の開館当初、バンドウイルカ4頭、シロイルカ2頭を飼育展示していたが、平成30年7月から令和2年7月にかけて、バンドウイルカ2頭、シロイルカ2頭が死亡する事案が発生した。この事案発生を受け、令和2年7月28日、専門家で構成する第三者委員会「上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会」（以下「検証委員会」という。）を設置し、水族博物館における鯨類飼育環境の検証を行った結果、令和3年2月5日、鯨類の死亡につながったと考えられる要因とともに、鯨類の持続的な飼育展示に資するための17項目にわたる提言（表I-1）が示された。

これまでの間、検証委員会の提言を踏まえた対策を講じながら、バンドウイルカ2頭（表I-2）の飼育展示に取り組んできたが、当該個体については良好な健康状態を保っており、取組によって鯨類を健全に飼育展示するための成果が得られていると考えている。

ここでは、検証委員会の提言を踏まえ、令和3年度から令和5年度までの3年間に取り組んできた内容、取組を通して得られたデータやその分析結果、令和6年度において新たに得られた知見などを報告する。

[表I-1] 上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会の提言

No.	提言
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（水平）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う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ことが必要である。
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。

出典：上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会「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」

[表 I -2] 現在飼育展示を行っているバンドウイルカ

個体（愛称）	性別	年齢*	八景島での飼育開始年月日	水族博物館での飼育開始年月日
メイビス	雌	19	平成 19 年 3 月 3 日	平成 30 年 4 月 16 日
アーチ	雄	13	平成 23 年 5 月 16 日	平成 30 年 4 月 16 日

※令和 7 年 1 月 31 日現在の年齢（メイビスは野生個体であるため推定年齢）

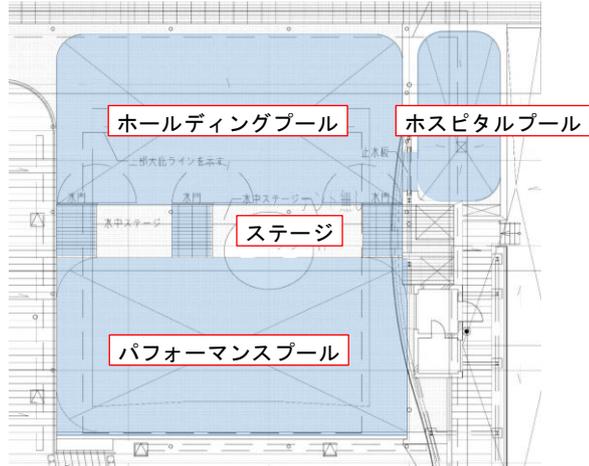
II 夏期における日射対策について（提言 1、2 関係）

1 概要

水族博物館のイルカプールは、パフォーマンスプール、ホールディングプール、ホスピタルプールと呼ぶ 3 つのプールで構成されており、3 つのプールは水路でつながっている（図 II-1）。日射対策として、令和 3 年 7 月、ホールディングプールからステージ上にかけての大庇の開口部に 2 列の可動式の日除け（幅 2.9m×長さ 13.5m、幅 1.9m×長さ 13.5m）を設置し、運用しており（図 II-2）、日除けの効果を検証するために、日除け運用時における日陰部分と日向部分の気温を測定し、比較を行った。

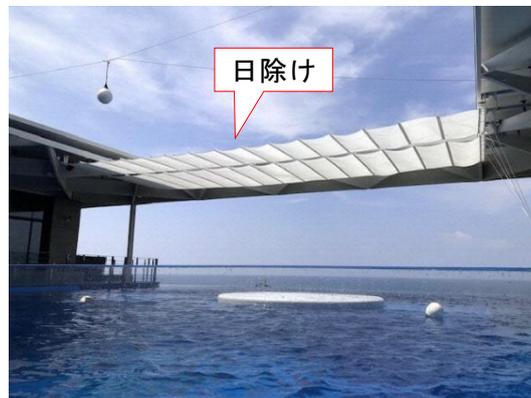
[図Ⅱ-1] イルカプールの構成

↑ 日本海



↓ 観客席

[図Ⅱ-2] イルカプールの日除けの設置状況

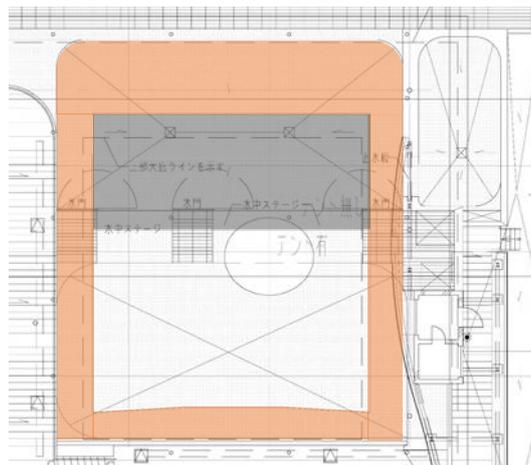


2 日除けの運用及び気温測定の実施期間

日除けは、日射量の増加、気温の上昇が生じる夏期を中心として、天候に応じて運用している。日除けの設置前は、夏至の太陽南中時に生じる日陰の面積が、プール及びステージの面積の約 41%であったのに対し、日除け設置後は、日除けを最大限に展開した場合、プール及びステージの面積の約 64%に拡大している (図Ⅱ-3)。日除けの運用期間を対象に、日除けの運用時の日陰部分と日向部分の気温の測定を行った (表Ⅱ-1)。

[図Ⅱ-3] 夏至の太陽南中時に於ける日陰の状況

↑ 日本海



↓ 観客席

日除け設置前の日陰の範囲
 日除けにより増加した日陰の範囲

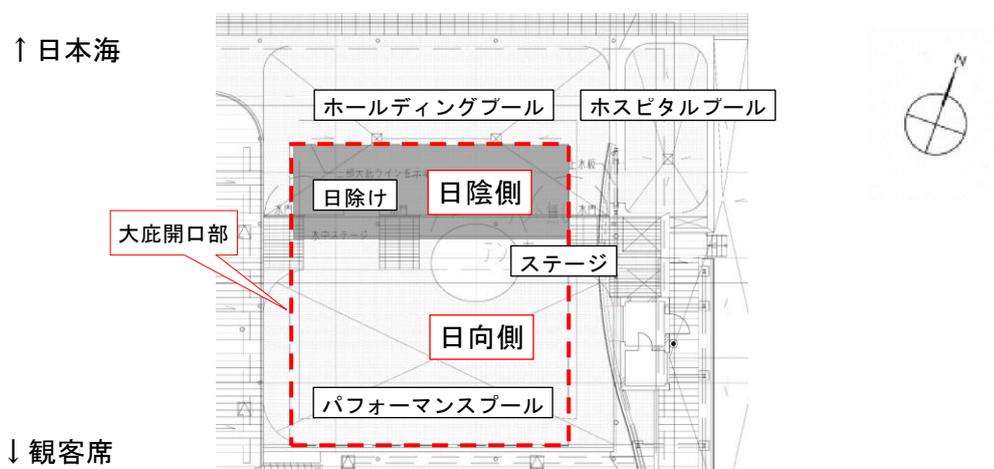
[表Ⅱ-1] 日除けの運用及び気温の測定期間

年 度	日除けの運用及び気温の測定期間
令和3年度	令和3年7月30日から令和3年10月10日まで
令和4年度	令和4年6月23日から令和4年10月20日まで
令和5年度	令和5年6月17日から令和5年9月13日まで

3 測定地点及び測定方法

測定地点については、日除けにより日陰が形成される部分の水面上、対照区として日除けの作用を受けず日向となっている部分の水面上とし、日除け運用時の午後1時にデジタル温度計を使用し、各地点の気温を測定した（図Ⅱ-4、表Ⅱ-2）。

[図Ⅱ-4] 日除け運用時における気温の測定地点



[表Ⅱ-2] 日除け運用時における気温の測定項目

測定地点	測定項目	備 考
日陰(日除けによる日陰形成部分)	水面上100cmの気温	太陽高度により日陰、日向の範囲は変化する。
日向(日除けによる日陰非形成部分)		

4 測定結果

日陰及び日向の気温の測定結果を以下に示した（表Ⅱ-3）。

[表Ⅱ-3] 日除け運用時における日陰及び日向の気温の測定結果

○令和3年度 (n=53) 単位: °C

項 目	範 囲	平 均	標準偏差	中央値
日 陰	22.6~31.1	26.04	2.32	25.30
日 向	23.0~32.8	26.73	2.69	26.00
日向-日陰	0.0~ 3.0	0.68	0.71	0.50

○令和4年度 (n=43) 単位: °C

項 目	範 囲	平 均	標準偏差	中央値
日 陰	21.1~33.2	27.94	2.38	28.00
日 向	22.4~33.7	29.27	2.63	29.40
日向-日陰	0.1~ 6.2	1.33	1.21	1.00

○令和 5 年度 (n=49)

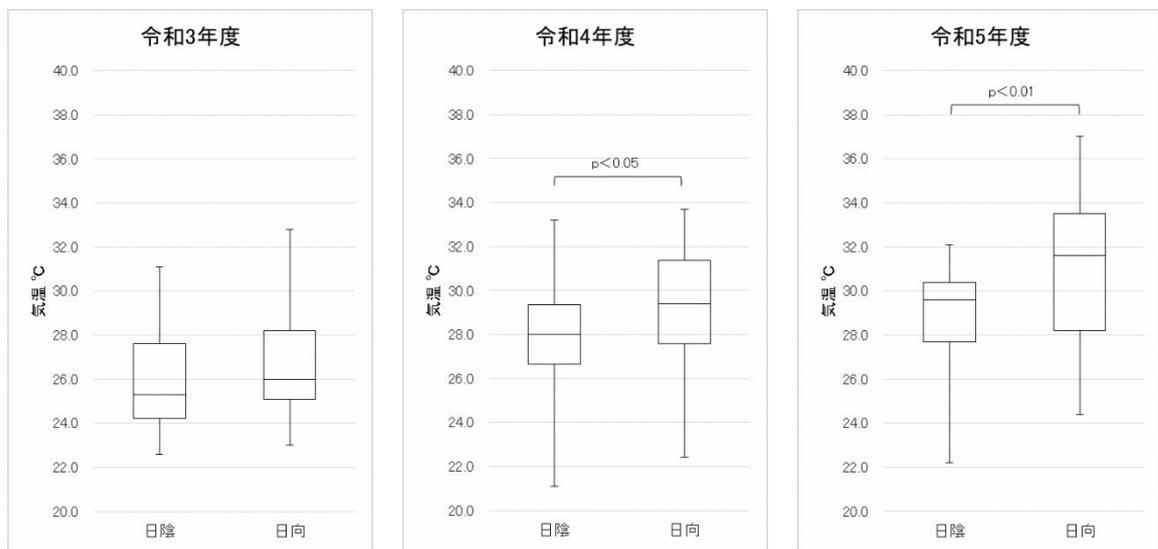
単位:℃

項目	範囲	平均	標準偏差	中央値
日陰	22.2~32.1	28.86	2.53	29.60
日向	24.4~37.0	31.07	2.99	31.60
日向-日陰	0.0~ 8.0	2.21	1.56	2.00

日陰と日向の気温差について、令和 3 年度においては、最高 3.0℃、平均 0.68℃、令和 4 年度においては、最高 6.2℃、平均 1.33℃、令和 5 年度においては、最高 8.0℃、平均 2.21℃であり、いずれの年度も日陰の気温が日向の気温を上回ることにはなかった。

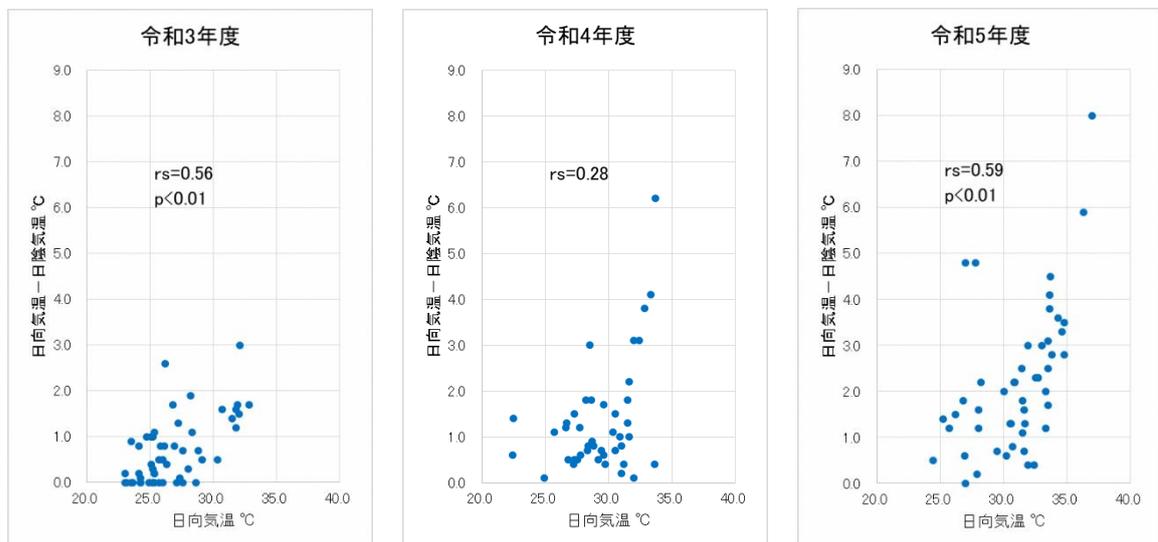
また、令和 4 年度、令和 5 年度について、日陰と日向の気温の間に有意差が認められた(令和 4 年度: $p < 0.05$; 令和 5 年度: $p < 0.01$, マン・ホイットニーの U 検定)(図 II-5)。

[図 II-5] 日除け運用時における日陰と日向の気温の分布



各年度の日向の気温、日向と日陰の気温差の関係を散布図(図 II-6)に示した。令和 3 年度、令和 5 年度については、日向の気温、日向と日陰の気温差の間に正の相関関係が認められた(令和 3 年度: $r_s = 0.56$, $p < 0.01$; 令和 5 年度: $r_s = 0.59$, $p < 0.01$, スピアマンの順位相関係数)。

[図 II-6] 日除け運用時における日向の気温、日向と日陰の気温差の関係



5 考察

イルカプールの上部には、施設開館時から大庇が設置されているため、日除けを使用していない状態においてもプール上に日陰が生じるが、ホールディングプールからステージ上部を覆うことが可能な日除けを設置したことにより、日陰の範囲が広がるとともに、状況に応じて、任意に日陰を生じさせることが可能になった。

また、日陰と日向の気温に有意差が認められることから、日除けが日射を遮り日陰が生じるとともに、気温上昇の抑制に効果を発揮していることが確認できた。

さらに、日向の気温、日向と日陰の気温差の間に正の相関関係が認められることから、日射による気温上昇が高いときほど、日除けが有効に機能するものと考えられる。

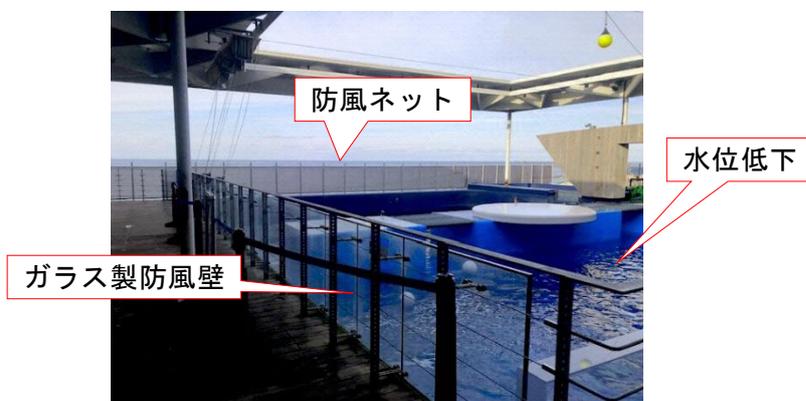
日除けの設置については、施工の可否や効果などの検討を重ね、現状で可能な最大限の対応を図ったものである。これまでの運用結果により、日射対策としての効果が確認できたことから、今後も継続的に日除けを運用し、バンドウイルカの健康管理にいかしていく。

Ⅲ 冬期における防風措置について（提言 1、2 関係）

1 概要

冬期における防風措置として、令和 3 年 11 月、イルカプールの西面に常設のガラス製防風壁（高さ 1.0m×長さ 14.3m）を設置したほか、冬期はイルカプールの水位を低下（1.0m）させ、プールの躯体を防風壁として利用するとともに、プールの北面に防風ネット（高さ 1.1～1.4m×長さ 27.5m）を設置している（図Ⅲ-1）。これらの防風措置の効果を検証するために、地点を定めてプールの風速及び気温を測定し、比較を行った。

〔図Ⅲ-1〕 イルカプールの防風措置の状況



2 防風措置、風速及び気温測定の実施期間

前述のとおり、イルカプールの西面のガラス製防風壁は常設であるが、イルカプールの水位低下、防風ネット設置は冬期間のみの措置としている。また、防風ネットの設置はイルカプールの水位低下後、防風ネットの撤去はイルカプールの水位上昇前に行うため、それぞれの措置の実施期間が異なる。このため、常設のガラス製防風壁に加え、プールの水位低下及び防風ネット設置を同時に実施している期間を対象とし、風速及び気温の測定を行った（表Ⅲ-1）。

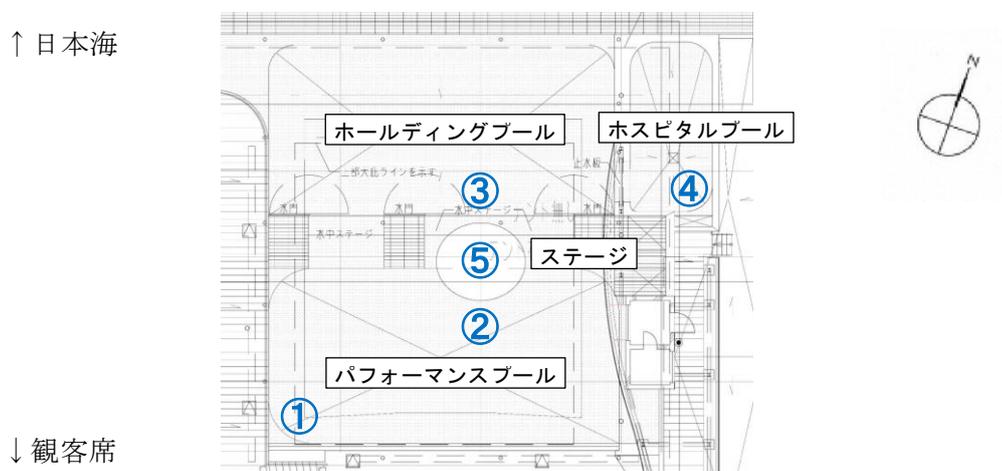
[表Ⅲ-1] 防風措置、風速及び気温測定の実施期間

年 度	風速・気温の測定期間
令和3年度	令和3年11月20日から令和4年3月9日まで
令和4年度	令和4年11月18日から令和5年3月29日まで
令和5年度	令和5年11月21日から令和6年3月13日まで

3 測定地点及び測定方法

風速及び気温の測定地点については、プールの水位低下、防風壁、防風ネットによる防風効果が生じると想定されるプールの水面上4か所、対照区として風の影響を直接受けるプールステージの床面上1か所とし、毎日、午前9時及び午後5時にベーン式風速計とデジタル温度計を使用し、各地点の最大風速及び気温を測定した（図Ⅲ-2、表Ⅲ-2）。

[図Ⅲ-2] 防風措置実施下における風速及び気温の測定地点



[表Ⅲ-2] 防風措置実施下における風速及び気温の測定項目

測定地点	測定項目
①パフォーマンスプール南西角	水面上 30cm の風速及び気温
②ステージ下（パフォーマンスプール側）	
③ステージ下（ホールディングプール側）	
④ホスピタルプール	
⑤ステージ上	床面上 100 cm の風速及び気温

4 測定結果

(1) 風速

各地点における風速の測定結果を年度別、測定特別に示した（表Ⅲ-3）。

[表Ⅲ-3] 防風措置実施下における風速の測定結果

○令和3年度：午前（n=110）

単位：m/s

測定地点	範 囲	平 均	標準偏差	中央値
①パフォーマンスプール南西角	0.0～ 5.2	1.09	1.14	0.80
②ステージ下（パフォーマンスプール側）	0.0～11.0	1.68	2.23	0.80

③ステージ下 (ホールディングプール側)	0.0~12.1	1.86	2.41	0.90
④ホスピタルプール	0.0~14.3	1.79	2.53	0.85
⑤ステージ上	0.0~14.1	2.28	3.08	1.10

○令和3年度：午後 (n=109)

単位：m/s

測定地点	範囲	平均	標準偏差	中央値
①パフォーマンスプール南西角	0.0~4.7	1.13	1.17	0.80
②ステージ下 (パフォーマンスプール側)	0.0~7.2	1.70	1.69	1.40
③ステージ下 (ホールディングプール側)	0.0~8.6	2.07	1.97	1.50
④ホスピタルプール	0.0~13.0	1.78	2.03	1.40
⑤ステージ上	0.0~15.6	2.68	3.34	1.20

○令和4年度：午前 (n=130)

単位：m/s

測定地点	範囲	平均	標準偏差	中央値
①パフォーマンスプール南西角	0.0~11.9	0.74	1.58	0.00
②ステージ下 (パフォーマンスプール側)	0.0~13.6	0.91	2.15	0.00
③ステージ下 (ホールディングプール側)	0.0~11.8	1.00	1.95	0.00
④ホスピタルプール	0.0~12.2	0.99	2.13	0.00
⑤ステージ上	0.0~13.3	1.70	3.11	0.00

○令和4年度：午後 (n=130)

単位：m/s

測定地点	範囲	平均	標準偏差	中央値
①パフォーマンスプール南西角	0.0~6.8	0.89	1.38	0.00
②ステージ下 (パフォーマンスプール側)	0.0~7.2	0.98	1.52	0.00
③ステージ下 (ホールディングプール側)	0.0~12.0	1.26	2.26	0.00
④ホスピタルプール	0.0~13.1	1.12	2.13	0.00
⑤ステージ上	0.0~15.2	2.24	3.59	0.85

○令和5年度：午前 (n=113)

単位：m/s

測定地点	範囲	平均	標準偏差	中央値
①パフォーマンスプール南西角	0.0~4.1	0.65	1.10	0.00
②ステージ下 (パフォーマンスプール側)	0.0~8.7	0.72	1.32	0.00
③ステージ下 (ホールディングプール側)	0.0~18.8	0.88	2.11	0.00
④ホスピタルプール	0.0~7.7	0.58	1.12	0.00
⑤ステージ上	0.0~22.2	1.66	3.37	0.00

○令和5年度：午後 (n=113)

単位：m/s

測定地点	範囲	平均	標準偏差	中央値
①パフォーマンスプール南西角	0.0~4.4	0.71	1.08	0.00
②ステージ下 (パフォーマンスプール側)	0.0~8.3	0.91	1.60	0.00
③ステージ下 (ホールディングプール側)	0.0~7.6	0.92	1.49	0.00
④ホスピタルプール	0.0~6.3	0.71	1.19	0.00
⑤ステージ上	0.0~13.1	1.69	2.82	0.00

風を評価する尺度としては、ビューフォート風力階級が知られており、気象庁の風力階級表（表Ⅲ-4）にも採用されている。ビューフォート風力階級では13の階級が設定され、階級別に風力、相当風速、地表物の状態が示されており、身近な事象と関連付け、視覚的に風力や風速を評価することが可能である。

今回、風速の測定結果について、ビューフォート風力階級における相当風速を階級値としてヒストグラムで示すと、測定地点によって風速の分布に差異があることが認められた（図Ⅲ-3）。

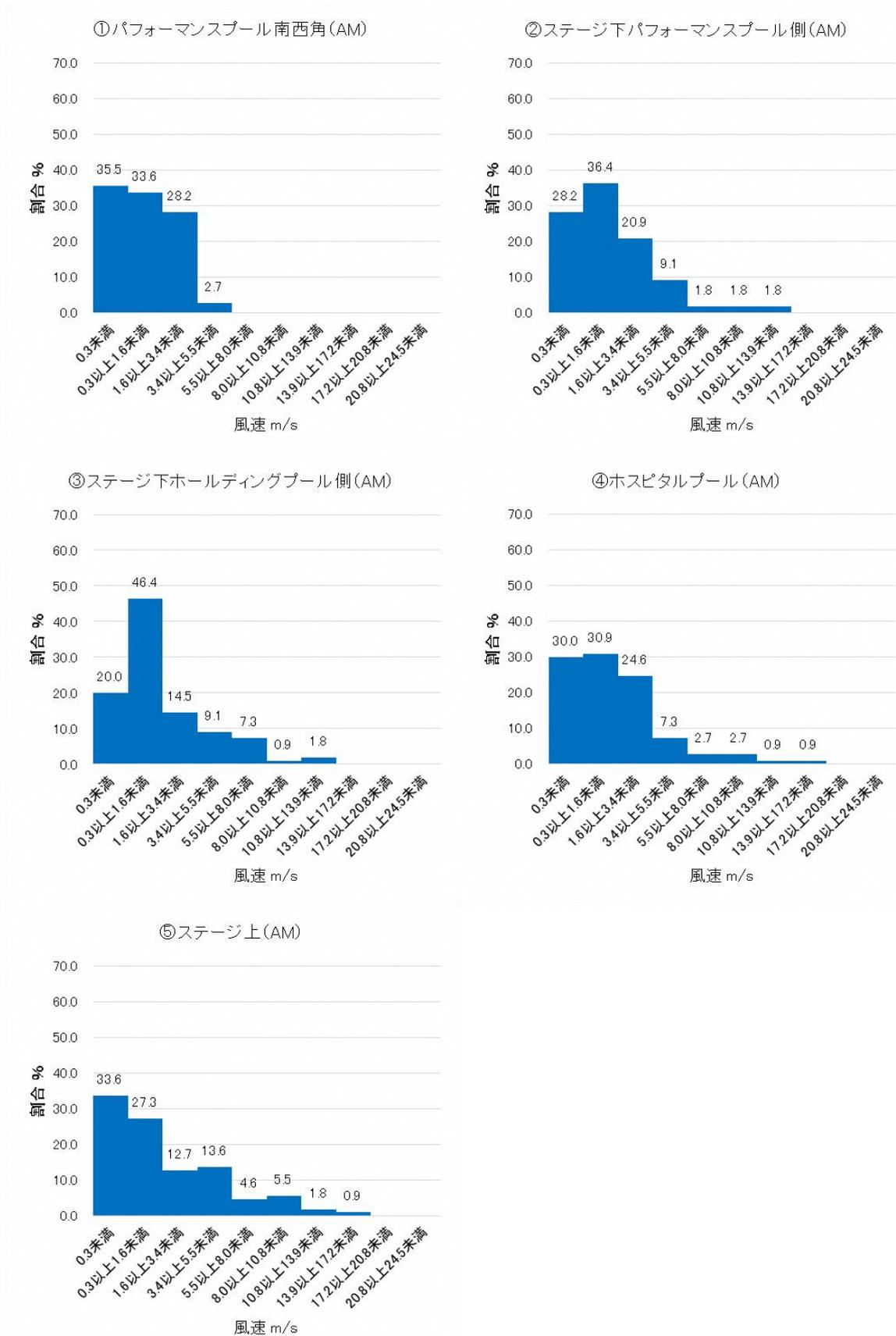
[表Ⅲ-4] 気象庁風力階級表

風力階級	相当風速 (m/s)	地表物の状態
0	0.3 未満	静穏。煙はまっすぐに昇る。
1	0.3 以上 1.6 未満	風向は、煙がなびくのでわかるが、風見には感じない。
2	1.6 以上 3.4 未満	顔に風を感じる。木の葉が動く。風見も動きだす。
3	3.4 以上 5.5 未満	木の葉や細かい小枝がたえず動く。軽い旗が開く。
4	5.5 以上 8.0 未満	砂ほこりが立ち、紙片が舞い上がる。小枝が動く。
5	8.0 以上 10.8 未満	葉のあるかん木がゆれ始める。池や沼の水面に波がしらが立つ。
6	10.8 以上 13.9 未満	大枝が動く。電線がなる。かさは、さしにくい。
7	13.9 以上 17.2 未満	樹木全体がゆれる。風に向かっては歩きにくい。
8	17.2 以上 20.8 未満	小枝が折れる。風に向かっては歩けない。
9	20.8 以上 24.5 未満	人家にわずかの損害がおこる（煙突が倒れ、かわらがはがれる）。
10	24.5 以上 28.5 未満	陸地の内部で起こることはまれである。樹木が根こそぎになる。人家に大損害がおこる。
11	28.5 以上 32.7 未満	めったに起こらない。広い範囲の破壊を伴う。
12	32.7 以上	

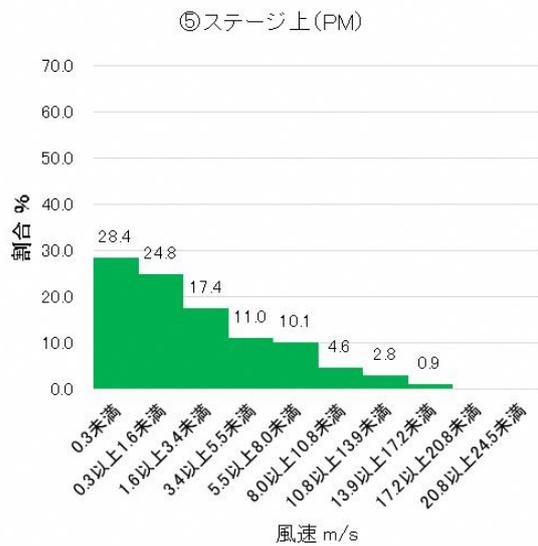
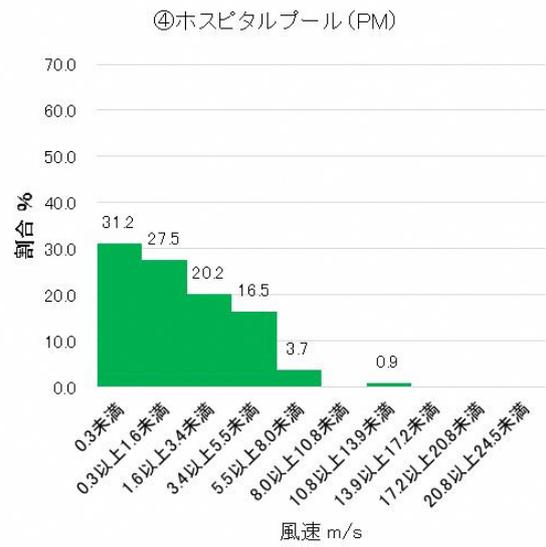
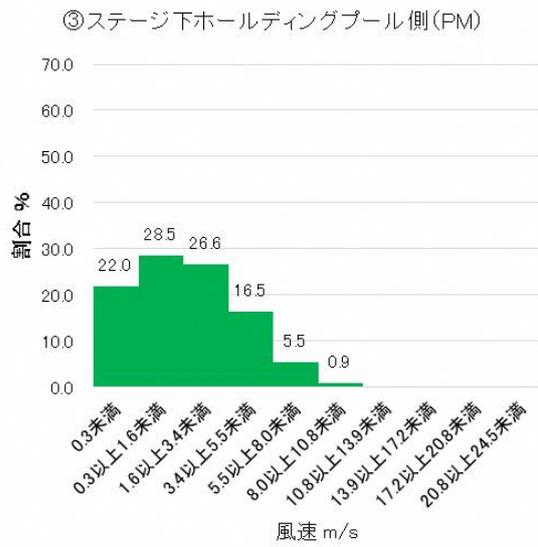
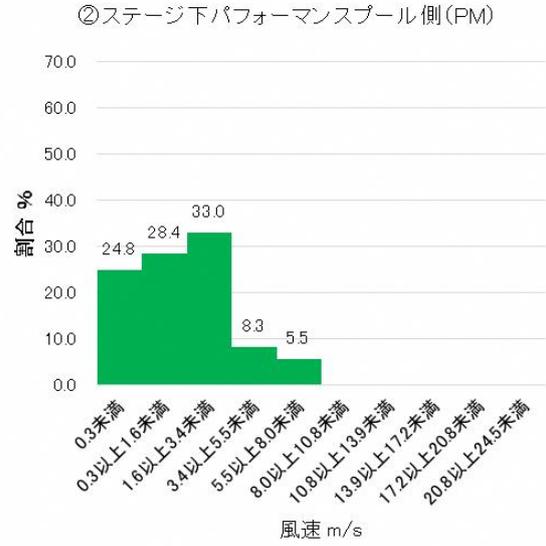
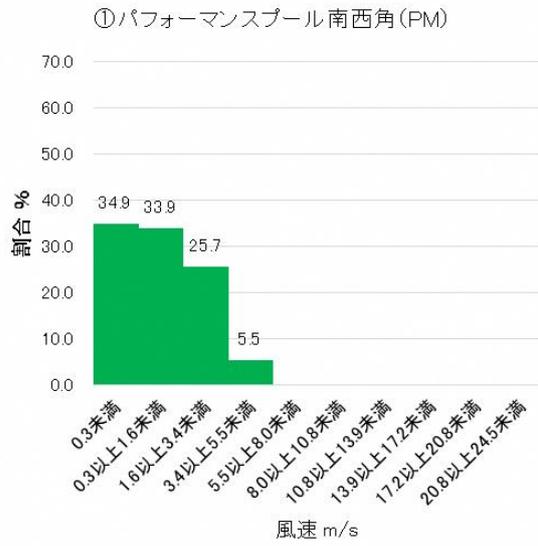
出典：気象庁「気象観測の手引き」

[図Ⅲ-3] 防風措置実施下における測定地点別の風速の分布（割合）

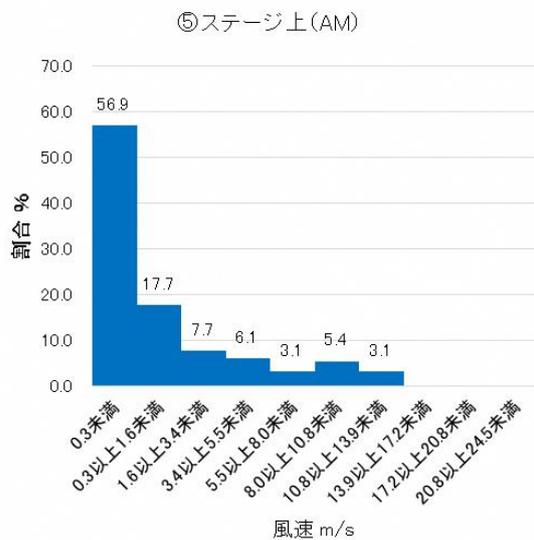
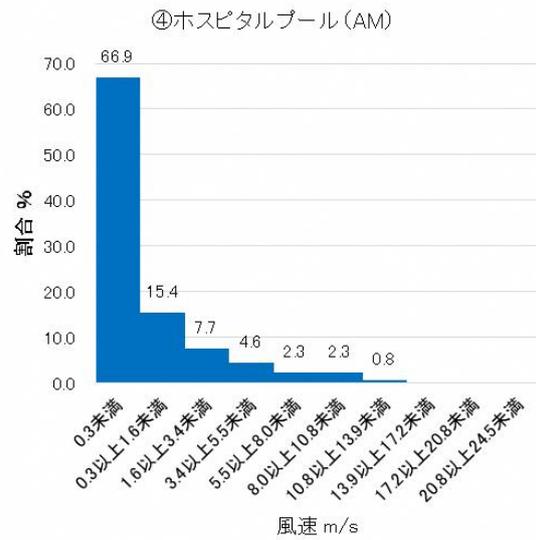
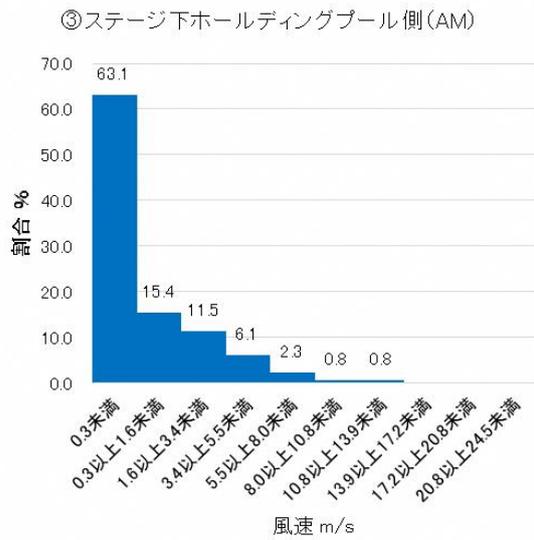
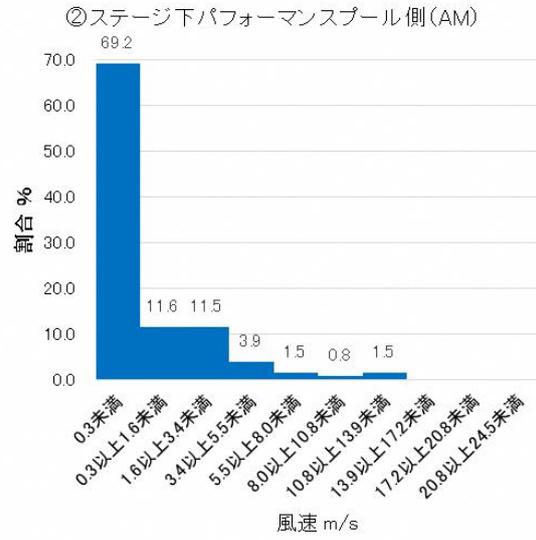
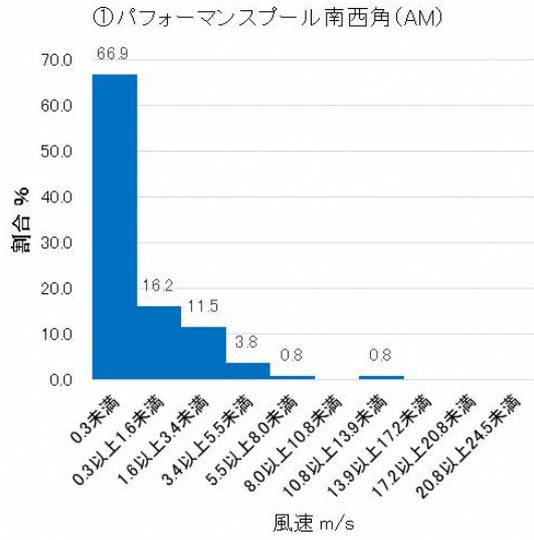
○令和3年度：午前



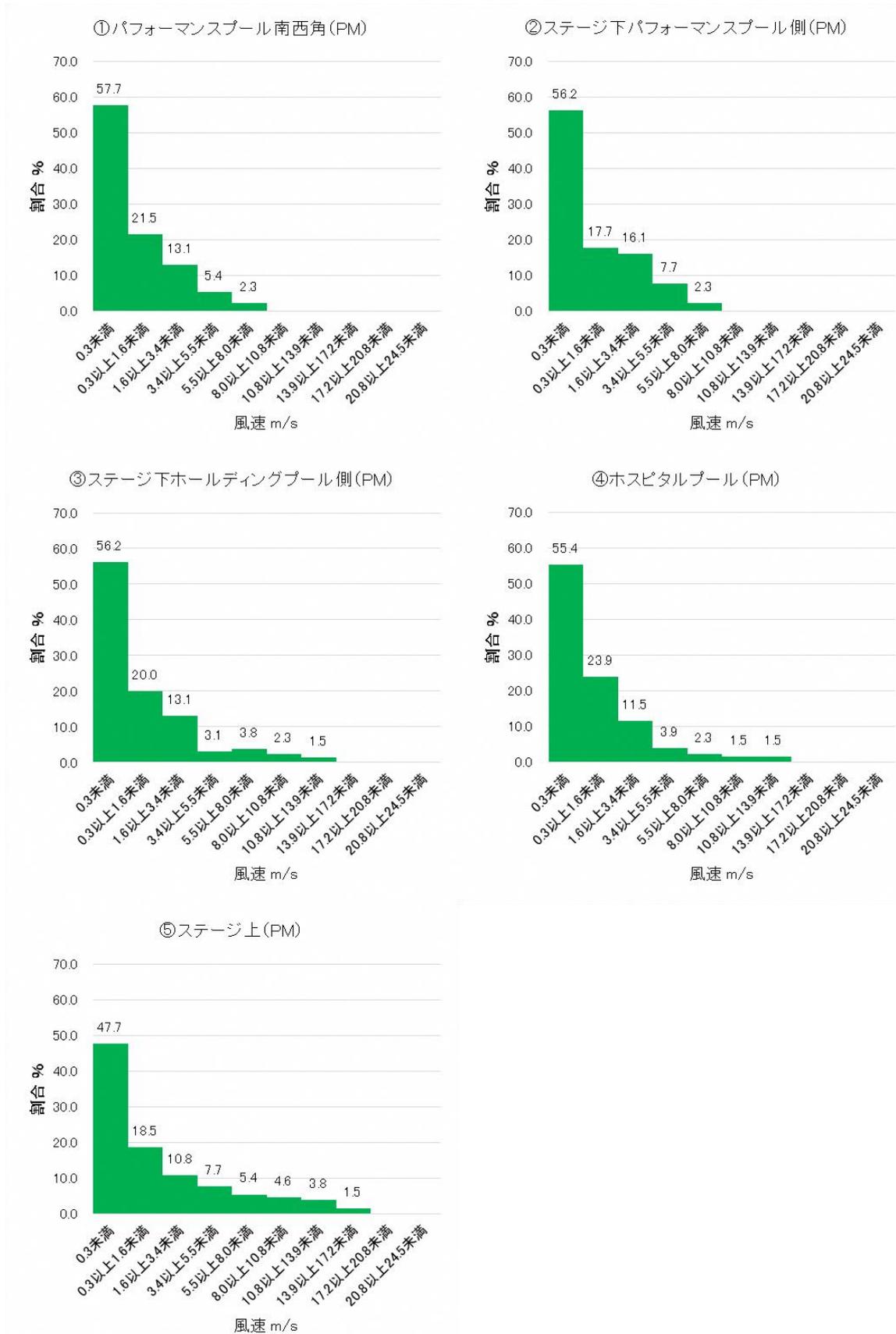
○令和3年度：午後



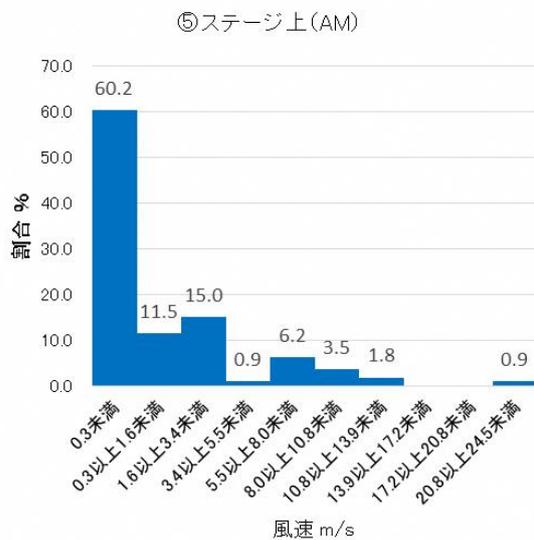
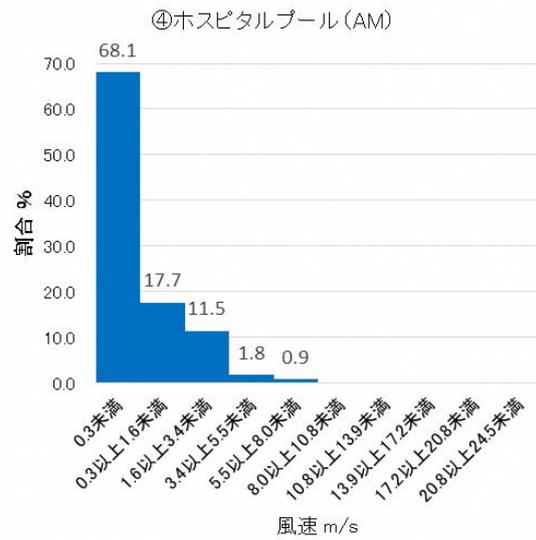
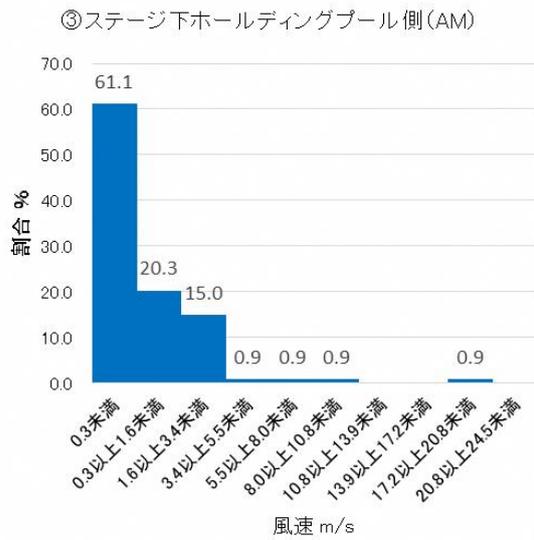
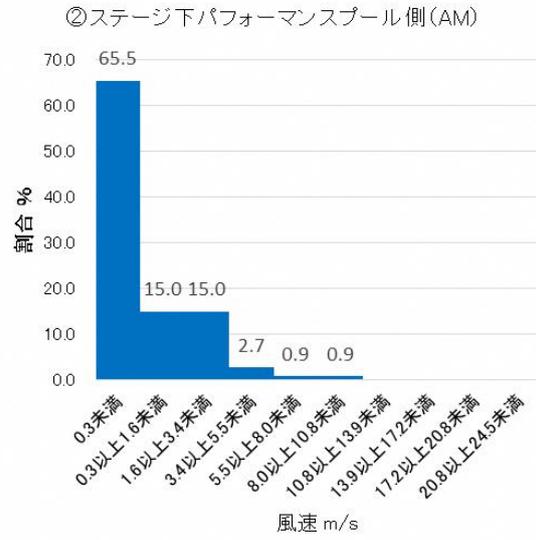
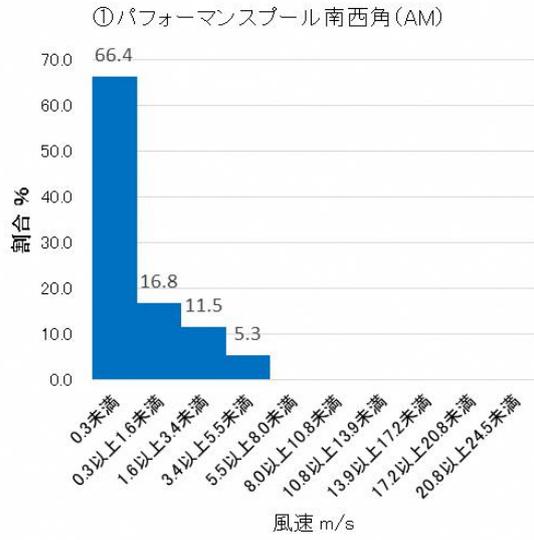
○令和4年度：午前



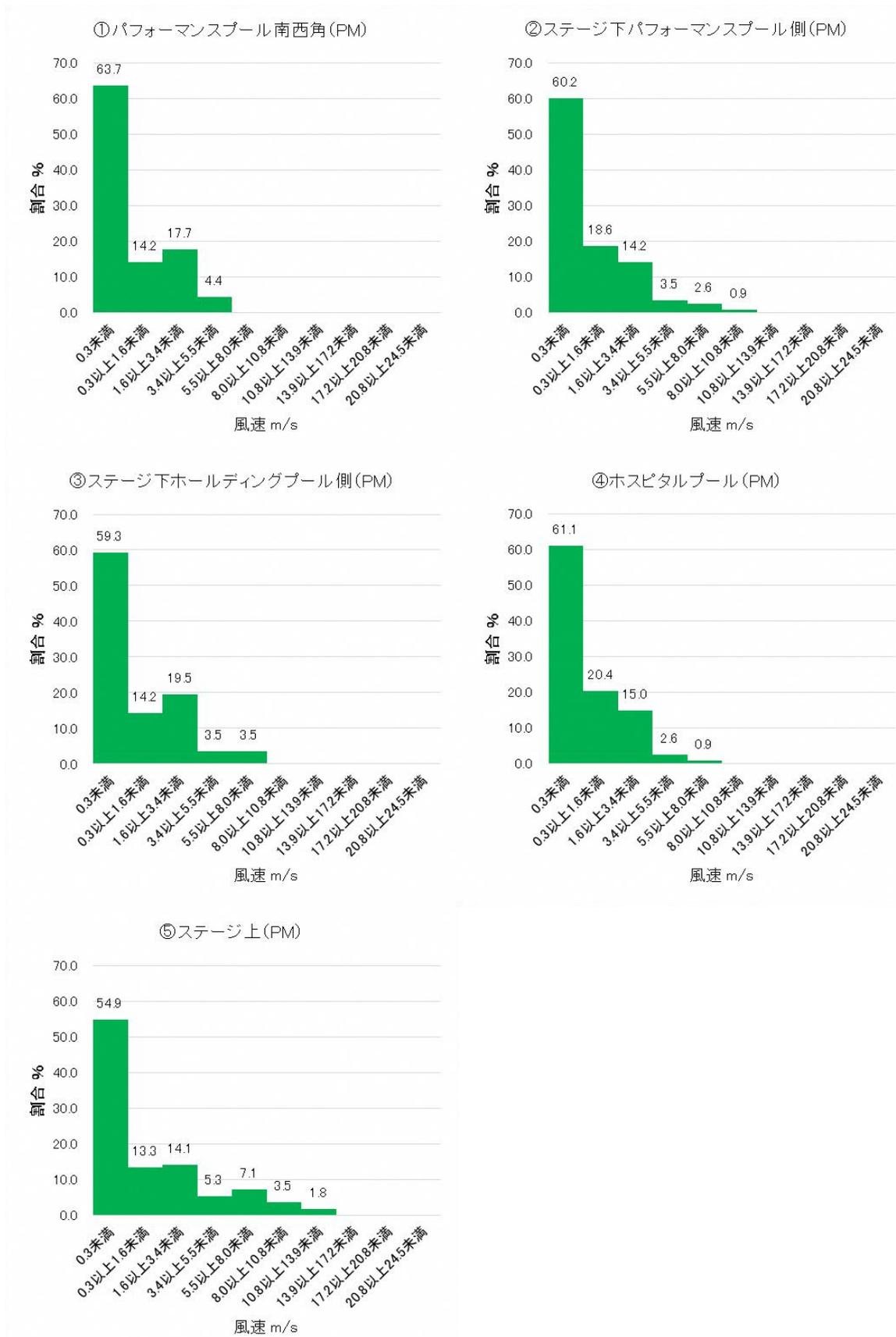
○令和4年度：午後



○令和5年度：午前



○令和5年度：午後



水面上の風速については、ビューフォート風力階級において風力0から2に分類される風速3.4m/s未満の範囲に分布が集中している。当該範囲において、最も階級値の高い1.6m/s以上3.4m/s未満の風速は、「顔に風を感じる。木の葉が動く。風見も動きだす。」といった状態にあり、感覚的には日常的に感じる程度の風であることから、常に強風が吹いているような状況ではないことが確認できた。

水面上の風速3.4m/s未満の範囲の割合は、令和3年度の午前では80.9～97.3%、同年度の午後では77.1～94.5%、令和4年度の午前では90.0～94.6%、同年度の午後では89.3～92.3%、令和5年度の午前では94.7～97.3%、同年度の午後では93.0～96.5%を占めていた。一方、床面上の風速について、3.4m/s未満の範囲の割合は、令和3年度の午前では73.6%、同年度の午後では70.6%、令和4年度の午前では82.3%、同年度の午後では77.0%、令和5年度の午前では86.7%、同年度の午後では82.3%であり、いずれも水面上の風速と比較し低値であった。

また、床面上の風速については、水面上の風速と比較し、より高値の階級に分布が広がっていることから、床面上には、水面上と比較し速度の大きい風が吹く割合が高いことが確認できた。

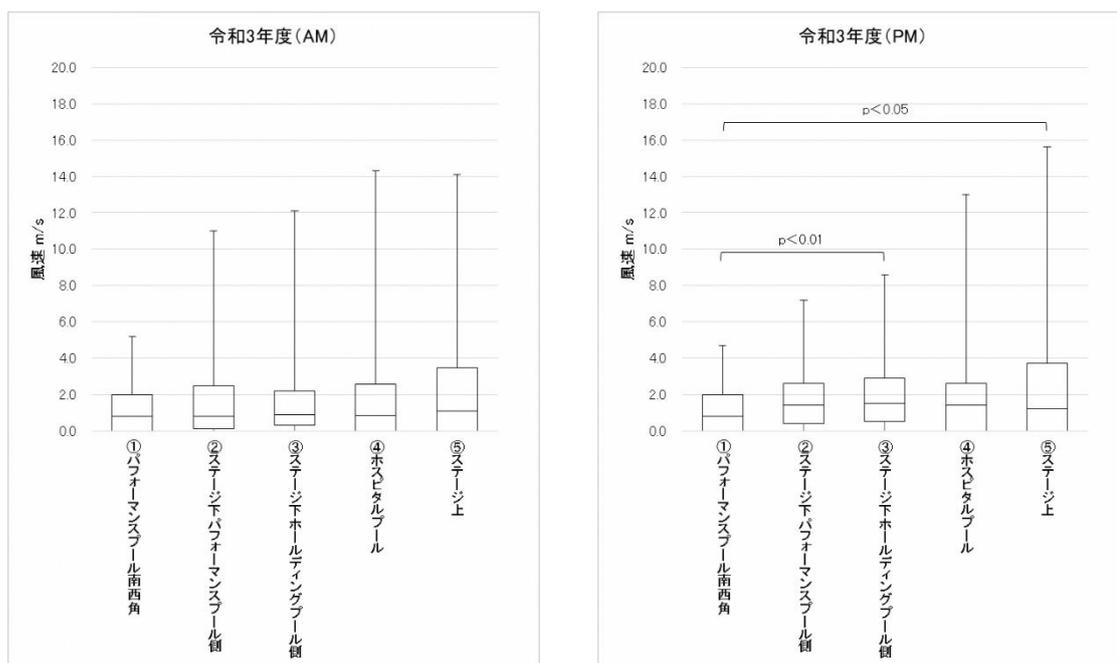
これらの風速の分布について、令和3年度の午前における①パフォーマンスプール南西角と⑤ステージ上 ($p < 0.01$)、令和3年度の午後における①パフォーマンスプール南西角と③ステージ下ホールディングプール側 ($p < 0.05$)、①パフォーマンスプール南西角と⑤ステージ上 ($p < 0.01$)、②ステージ下パフォーマンスプール側と⑤ステージ上 ($p < 0.05$)、令和4年度の午後における①パフォーマンスプール南西角と⑤ステージ上 ($p < 0.05$) の間に有意差が認められた (コルモゴロフ・スミルノフ検定)。

なお、水面上の風速と床面上の風速について、令和3年度の午後におけるパフォーマンスプール南西角と③ステージ下パフォーマンスプール側 ($p < 0.01$)、①パフォーマンスプール南西角と⑤ステージ上 ($p < 0.05$) の間に有意差が認められた (クラスカル・ウォリス検定及びSteel-Dwass検定) (図Ⅲ-4)。

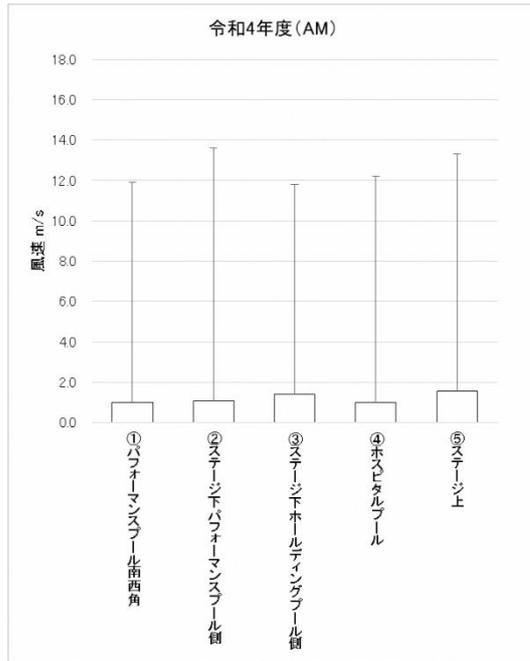
〔図Ⅲ-4〕 防風措置実施下における測定地点別の風速の分布

○令和3年度：午前

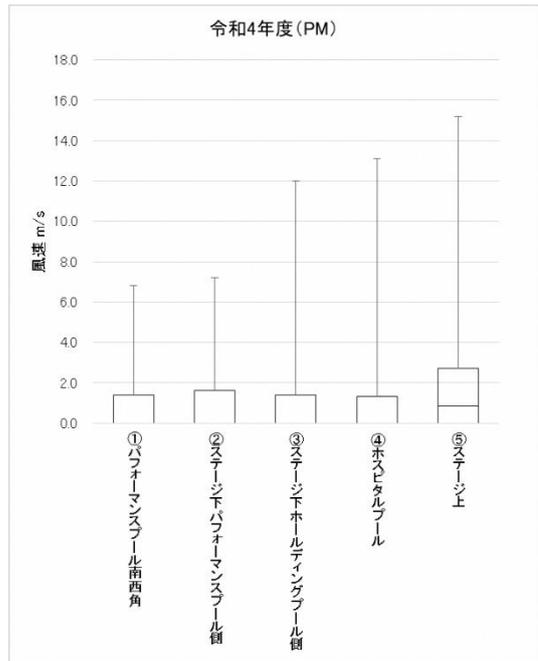
○令和3年度：午後



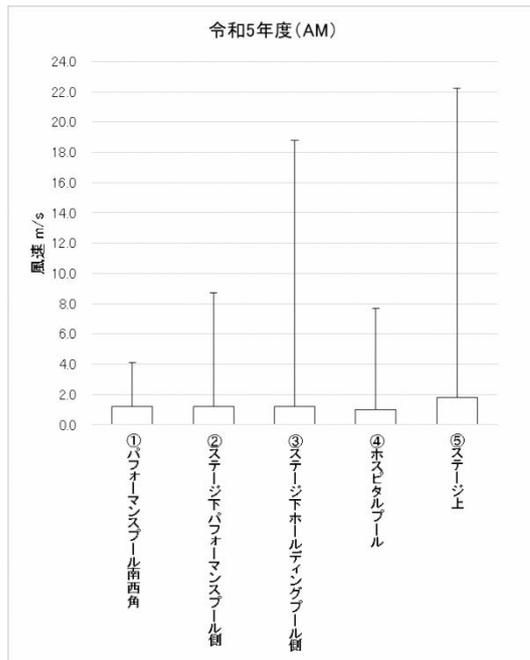
○令和4年度：午前



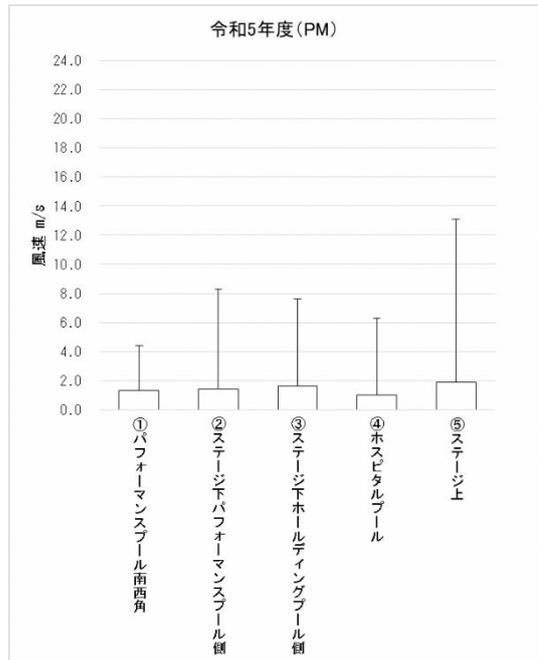
○令和4年度：午後



○令和5年度：午前



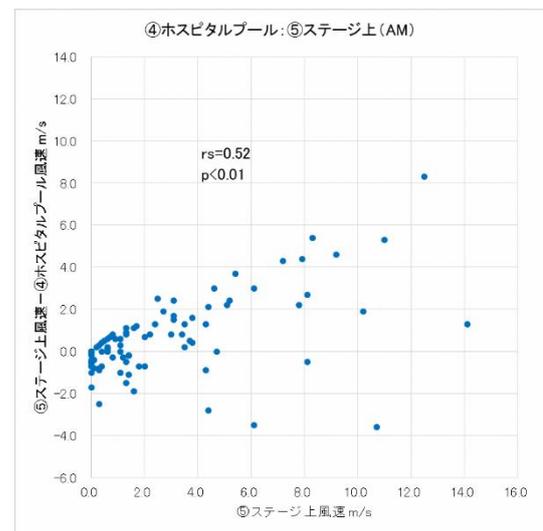
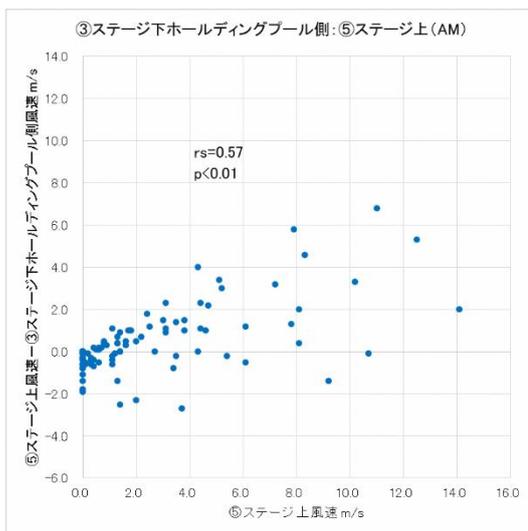
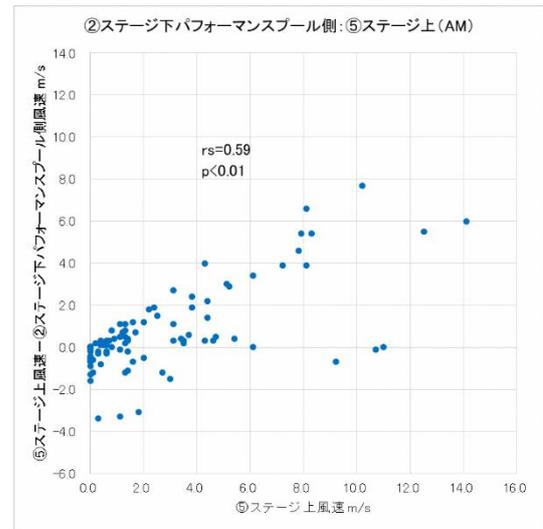
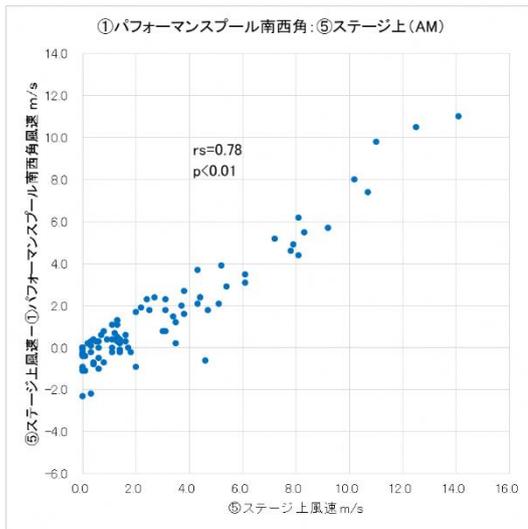
○令和5年度：午後



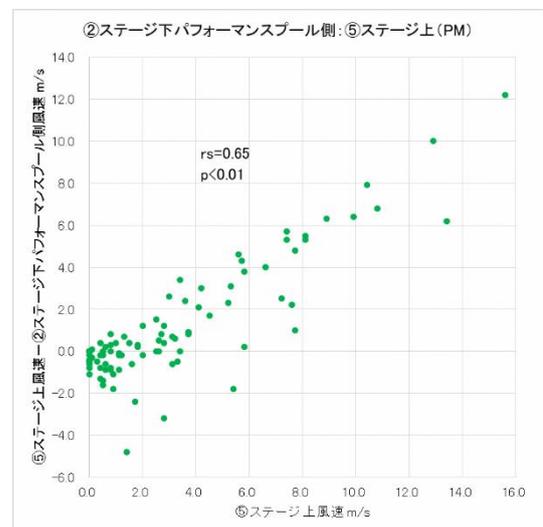
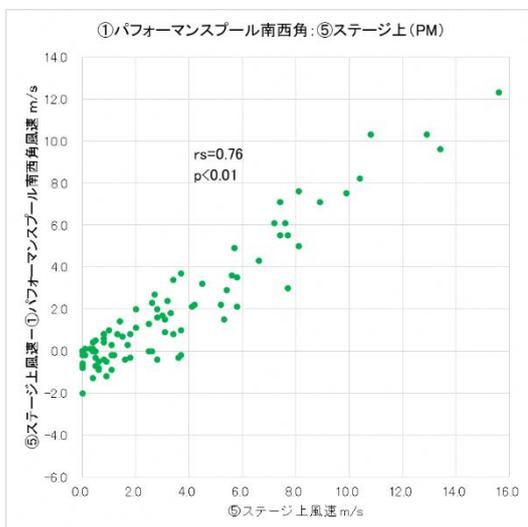
各年度の床面上の風速、床面上の風速と水面上の風速の差の関係を散布図に示した(図Ⅲ-5)。令和3年度、令和4年度、令和5年度のいずれにおいても、床面上の風速、床面上の風速と水面上の風速の差の間には、正の相関関係が認められた(令和3年度の午前： $rs0.52\sim0.78$, $p<0.01$ ；令和3年度の午後： $rs0.59\sim0.76$, $p<0.01$ ；令和4年度の午前： $rs0.60\sim0.78$, $p<0.01$ ；令和4年度の午後： $rs0.67\sim0.80$, $p<0.01$ ；令和5年度の午前： $rs0.75\sim0.83$, $p<0.01$ ；令和5年度の午後： $rs0.71\sim0.82$, $p<0.01$, スピアマンの順位相関係数)。

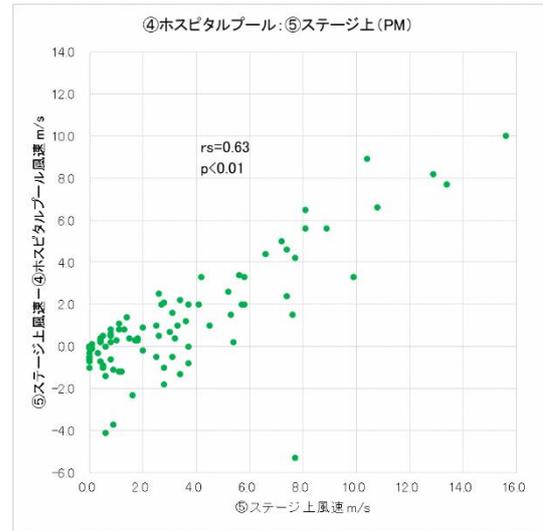
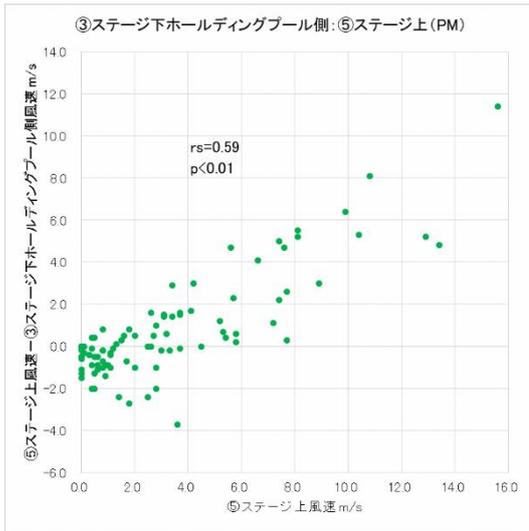
[図III-5] 防風措置実施下における床面上の風速、床面上と水面上の風速の差の関係

○令和3年度：午前

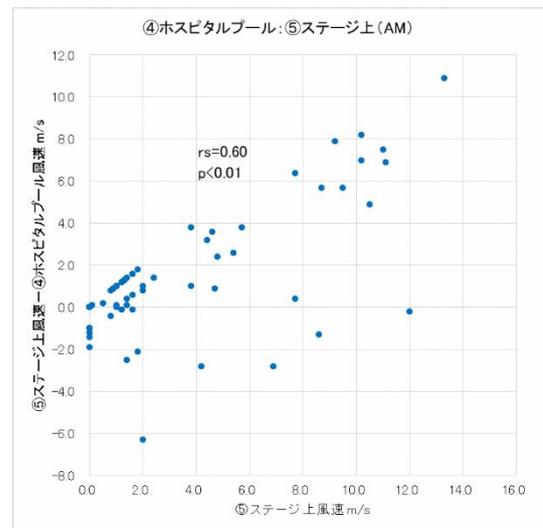
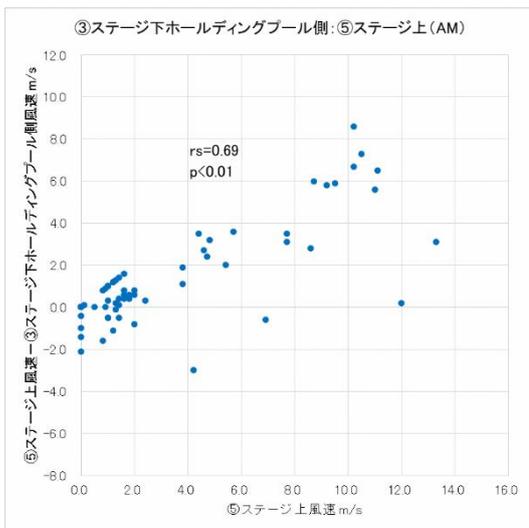
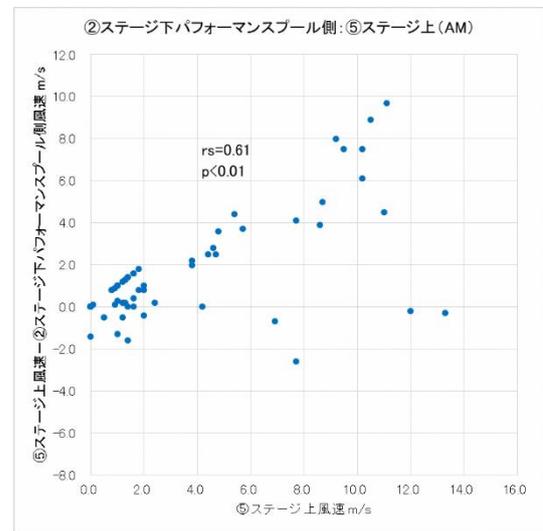
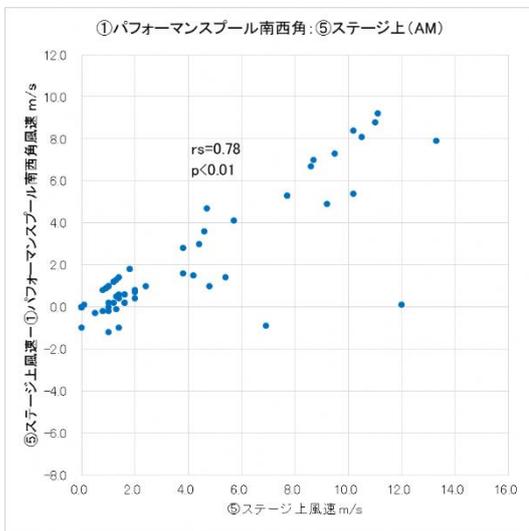


○令和3年度：午後

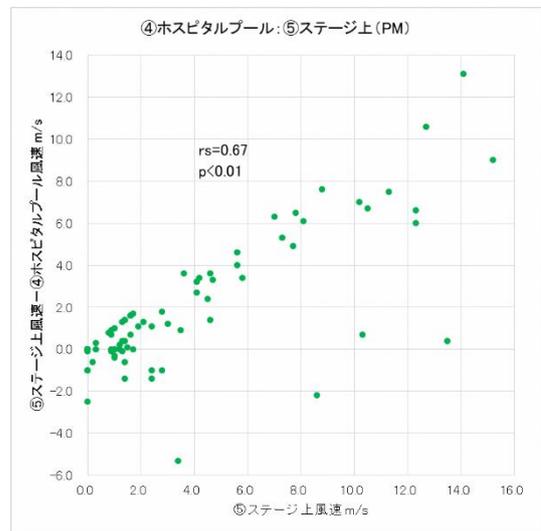
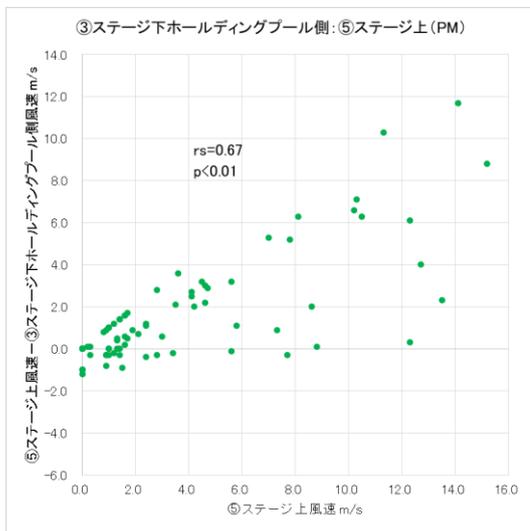
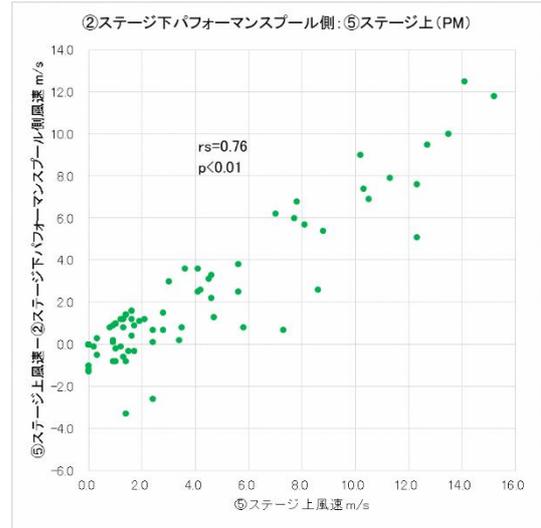
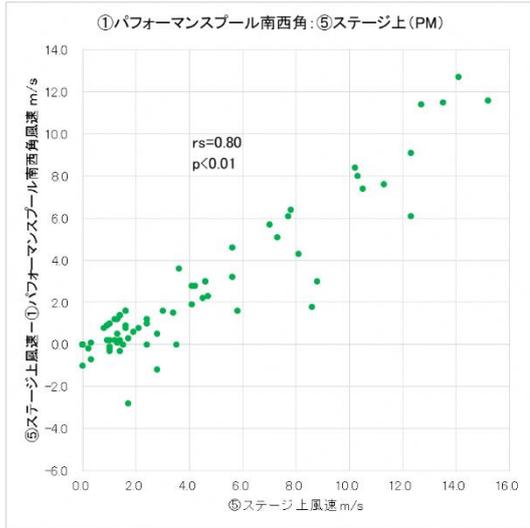




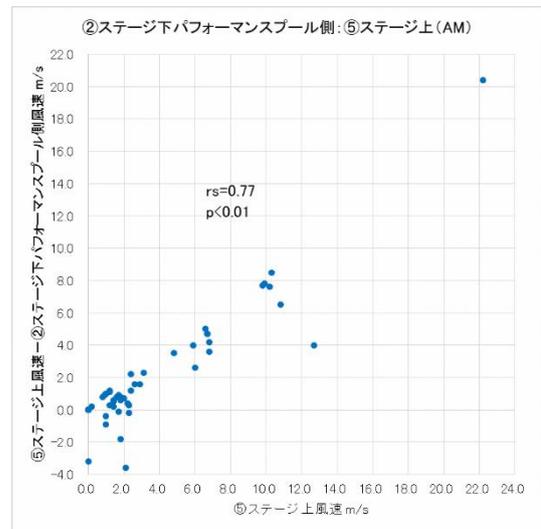
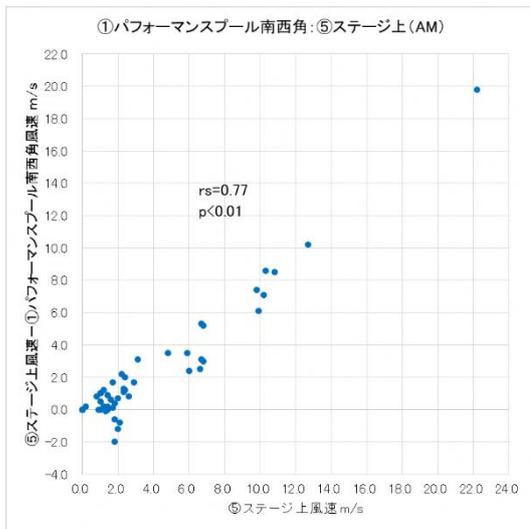
○令和4年度：午前

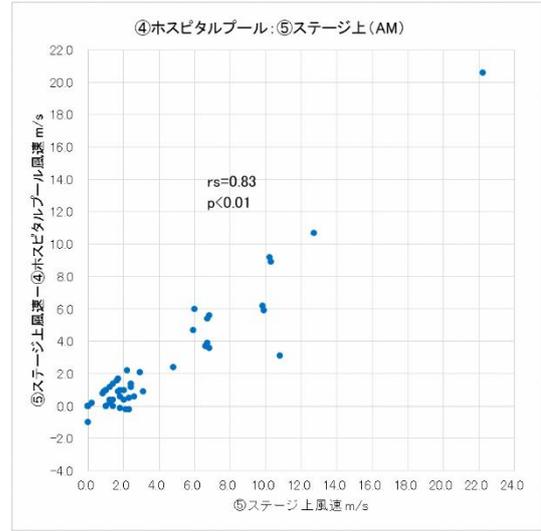
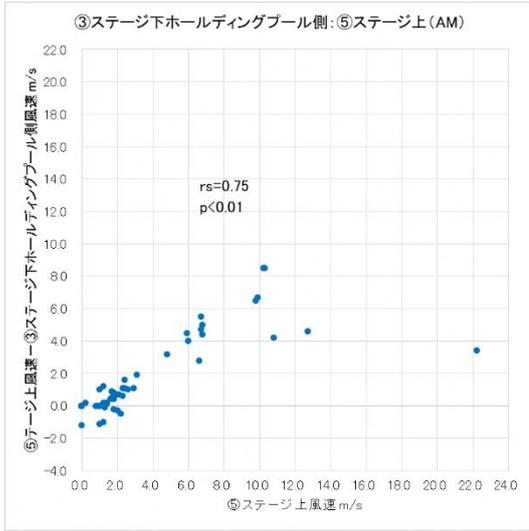


○令和4年度：午後

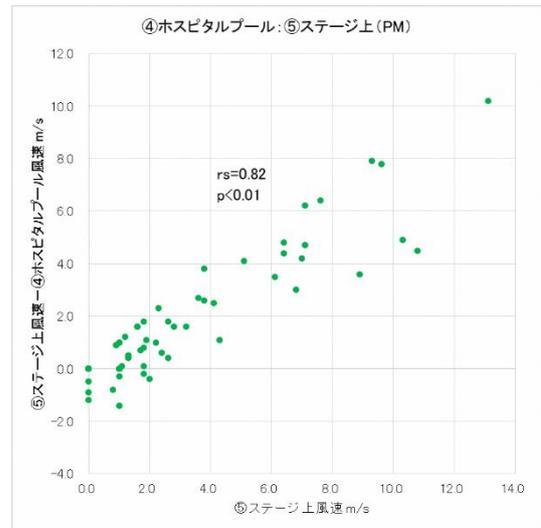
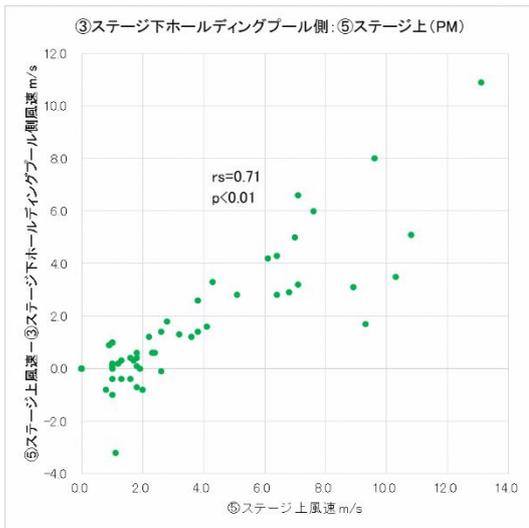
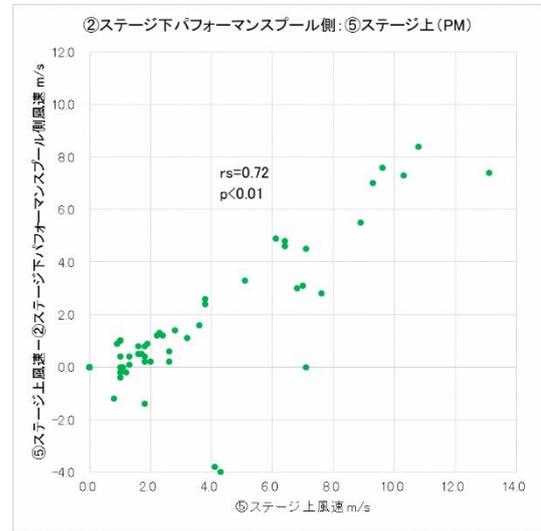
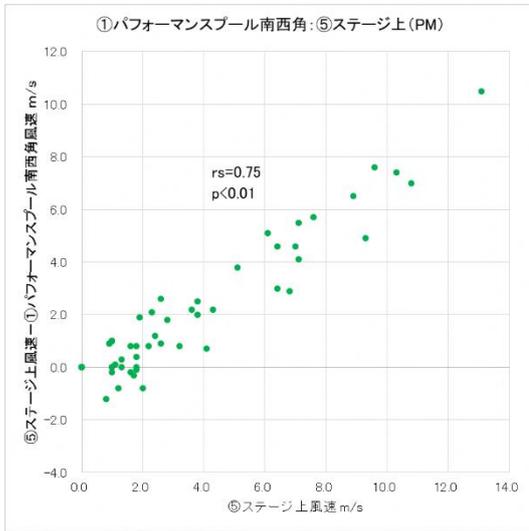


○令和5年度：午前





○令和5年度：午後



(2) 気温

各地点の気温の測定結果を以下に示した(表Ⅲ-5)。いずれの測定地点においても、水面上の気温と床面上の気温の間には、統計学的な有意差は認められなかった(図Ⅲ-6)。

[表Ⅲ-5] 防風措置実施下における気温の測定結果

○令和3年度:午前(n=110) 単位:℃

測定地点	範囲	平均	標準偏差	中央値
①パフォーマンスプール南西角	0.3~17.5	6.35	3.49	5.65
②ステージ下(パフォーマンスプール側)	0.3~17.8	6.17	3.45	5.50
③ステージ下(ホールディングプール側)	0.3~17.6	6.09	3.39	5.40
④ホスピタルプール	0.4~17.2	6.08	3.37	5.25
⑤ステージ上	-0.3~18.0	6.03	3.64	5.20

○令和3年度:午後(n=109) 単位:℃

測定地点	範囲	平均	標準偏差	中央値
①パフォーマンスプール南西角	0.2~16.5	6.81	3.46	6.40
②ステージ下(パフォーマンスプール側)	0.8~16.6	6.80	3.44	6.20
③ステージ下(ホールディングプール側)	-1.0~16.3	6.66	3.44	6.10
④ホスピタルプール	0.9~16.0	6.77	3.37	6.30
⑤ステージ上	-1.0~18.3	6.81	3.63	6.20

○令和4年度:午前(n=130) 単位:℃

測定地点	範囲	平均	標準偏差	中央値
①パフォーマンスプール南西角	3.4~22.7	9.59	4.19	8.75
②ステージ下(パフォーマンスプール側)	2.9~22.8	9.51	4.28	8.85
③ステージ下(ホールディングプール側)	2.9~22.7	9.44	4.35	8.70
④ホスピタルプール	2.6~22.8	9.45	4.38	8.70
⑤ステージ上	2.5~23.0	9.36	4.45	8.55

○令和4年度:午後(n=130) 単位:℃

測定地点	範囲	平均	標準偏差	中央値
①パフォーマンスプール南西角	0.0~22.0	9.48	4.26	9.00
②ステージ下(パフォーマンスプール側)	0.0~22.3	9.42	4.31	9.10
③ステージ下(ホールディングプール側)	0.0~22.4	9.40	4.31	8.90
④ホスピタルプール	0.0~22.4	9.42	4.30	8.85
⑤ステージ上	0.0~22.3	9.31	4.37	8.85

○令和5年度:午前(n=113) 単位:℃

測定地点	範囲	平均	標準偏差	中央値
①パフォーマンスプール南西角	1.2~19.2	7.27	3.51	6.90
②ステージ下(パフォーマンスプール側)	0.8~19.2	7.19	3.54	6.80
③ステージ下(ホールディングプール側)	1.3~19.5	7.15	3.54	6.80
④ホスピタルプール	1.3~19.5	7.15	3.53	6.70
⑤ステージ上	0.5~19.2	7.10	3.58	6.80

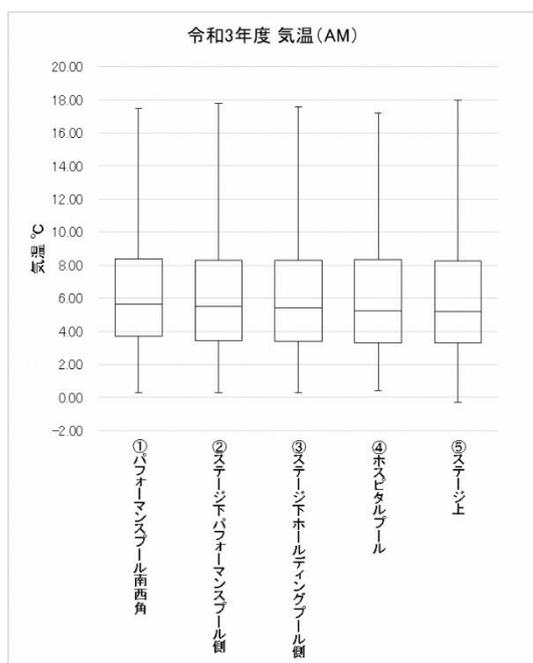
○令和5年度：午後 (n=113)

単位：℃

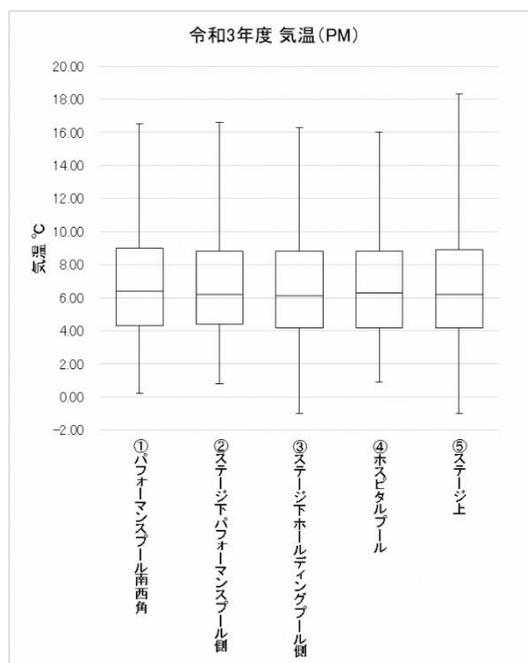
測定地点	範囲	平均	標準偏差	中央値
①パフォーマンスプール南西角	1.7～18.1	7.83	3.72	7.30
②ステージ下(パフォーマンスプール側)	1.6～18.2	7.68	3.78	7.10
③ステージ下(ホールディングプール側)	1.6～18.3	7.75	3.77	7.20
④ホスピタルプール	1.5～18.2	7.80	3.80	7.30
⑤ステージ上	1.6～18.2	7.63	3.82	7.20

[図Ⅲ-6] 防風措置実施下における測定地点別の気温の分布

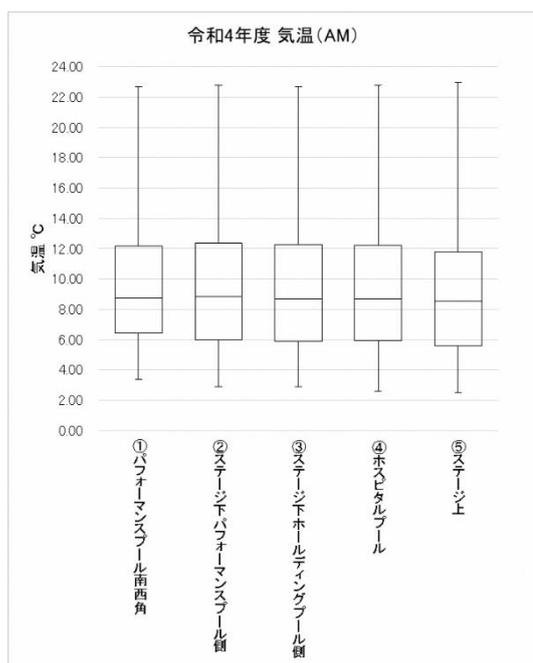
○令和3年度：午前



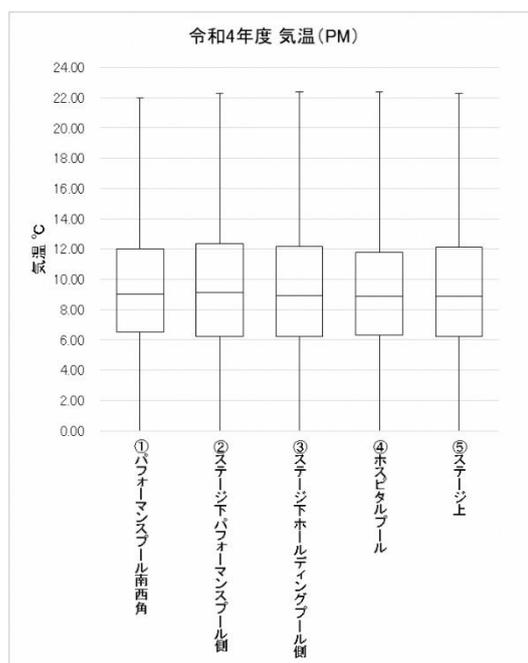
○令和3年度：午後



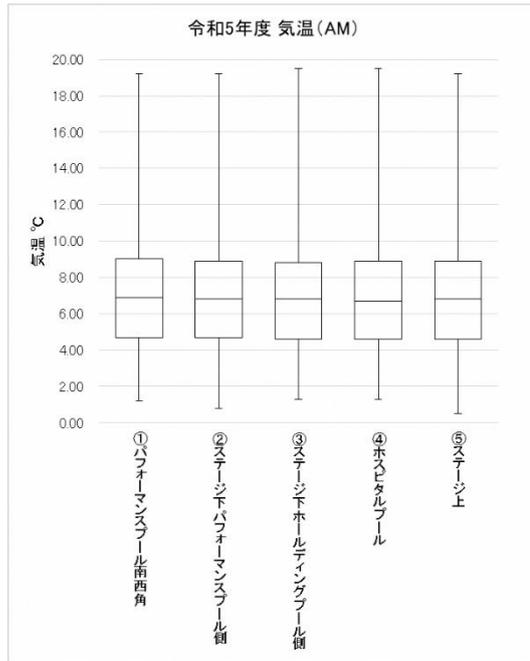
○令和4年度：午前



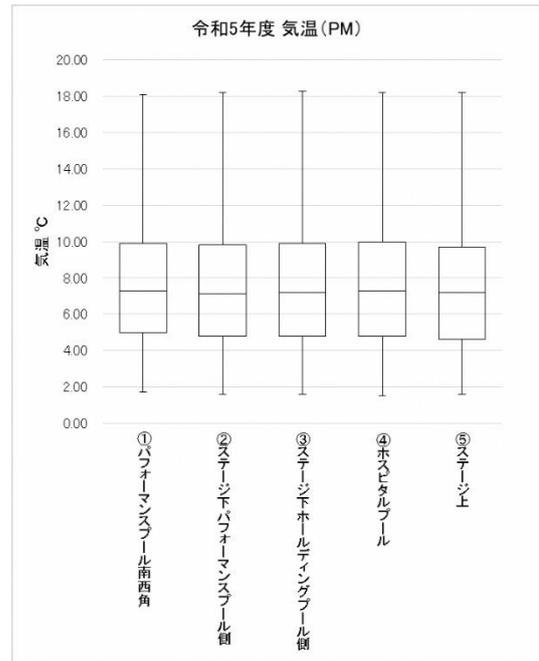
○令和4年度：午後



○令和5年度：午前



○令和5年度：午後



5 考察

測定結果から、風速については、測定地点によって違いがあるものの、イルカプールの水位低下、防風壁、防風ネットの設置による防風措置が、イルカプールに吹き込む風の抑制に効果を発揮しており、風速が大きくなるほど、防風効果が高まる傾向にあることが確認できた。特に、測定地点のうち、①パフォーマンスプール南西角については、防風効果が顕著に表れているが、①パフォーマンスプール南西角は、冬期に多い北西風の影響を受けにくいこと、位置的に防風壁が2重に作用することによるものであると推察される。

気温については、防風措置による水面上の気温低下の抑制を認めることはできなかったが、イルカプールが半屋外空間にあり、絶えず外気と接触がある状況において、気温を人為的にコントロールすることは困難であると考えられる。

一方、リンケの体感温度式（体感温度＝気温－4×√風速）に代表されるように、風速の上昇に伴い体感温度が低下することが知られているが、これは風によって体から気化熱が奪われるためである。風速の測定結果により、防風措置がプールの水面上の風速を抑制していることが確認できたことから、防風措置が個体の体温維持にも効果を発揮していると考えられる。

防風措置については、日除けと同様に、施工の可否や効果などの検討を重ね、現状で可能な最大限の対応を図ったものである。これまでの運用結果により、防風措置の効果が確認できたことから、今後も継続的に運用し、バンドウイルカの健康管理にいかしていく。

IV 飼育水温管理及び個体の体づくりについて（提言 4、5 関係）

1 概要

飼育個体が季節変化に対応できるよう、代謝の切替えを補助し、体づくりを促すため、季節にあわせた飼育水温の変更、給餌量の調整を行うとともに、定期的な体重測定や血中の甲状腺ホルモン濃度の測定により、体づくりや代謝状況の確認を継続的に行っている。

2 対応

(1) 飼育水温設定

令和3年10月1日から月単位で飼育水温を設定することとしたが、季節にあわせた水温変更は初めての試みであることから、慎重を期すために飼育水温の上限を23.0℃、下限を18.0℃とし、現在も同設定を継続している。

なお、9～10月、4～5月は、気温が大きく変化する時期であることから、個体がより季節変化を感じられるように設定水温の見直しを行い、従前は1.0℃の変更としていたものを令和4年10月からは2.0℃の変更とした（表IV-1）。

[表IV-1] 月別の設定水温

単位：℃

年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
R3	—	—	—	—	—	—	21.0	20.0	18.0	18.0	18.0	19.0
R4	20.0	21.0	22.0	23.0	23.0	22.0	20.0	19.0	18.0	18.0	18.0	19.0
R5	19.0	21.0	22.0	23.0	23.0	22.0	20.0	19.0	18.0	18.0	18.0	19.0

(2) 給餌量の調整

飼育水温の変更とあわせ、冬期に向けた給餌量の増加、夏期に向けた給餌量の減少を行い、季節にあわせた個体の体づくりを促した。

(3) 甲状腺ホルモンの測定

飼育水温の変更による個体の代謝状況の変化を確認するための指標として、令和3年度から1回/月の頻度で血中の甲状腺ホルモン（T4：サイロキシン）濃度の測定を外部検査機関に依頼し行っている。また、令和5年1月からは、甲状腺ホルモンとあわせて、血中の遊離型甲状腺ホルモン（FT4：遊離サイロキシン）濃度の測定も行っている。

(4) ビタミン剤等の投与強化

令和3年度から、冬期間の感染症予防対策として、ビタミン剤等の投与を強化している（表IV-2）。

[表IV-2] 冬期間の投薬状況

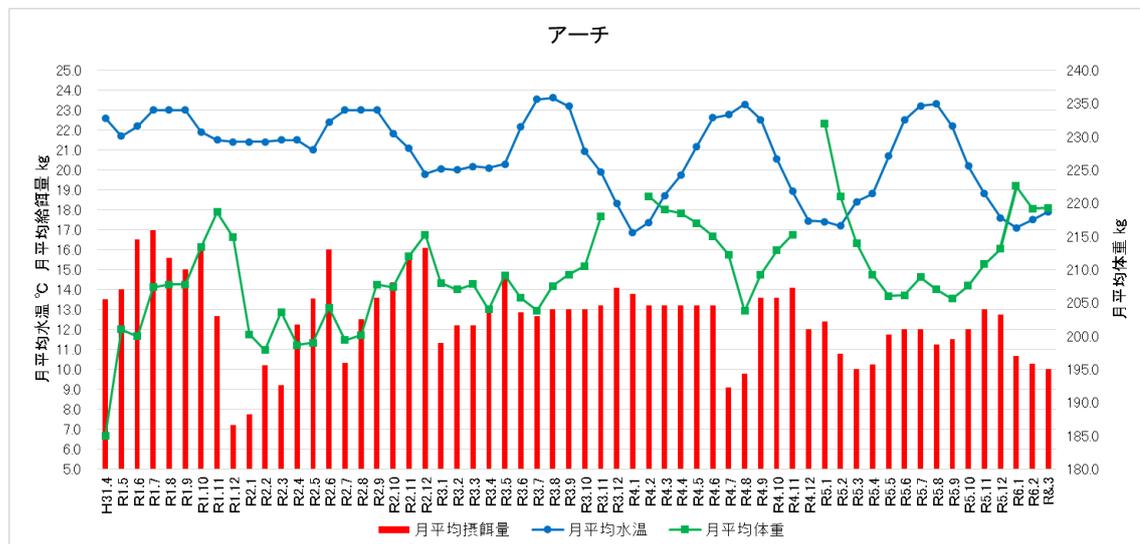
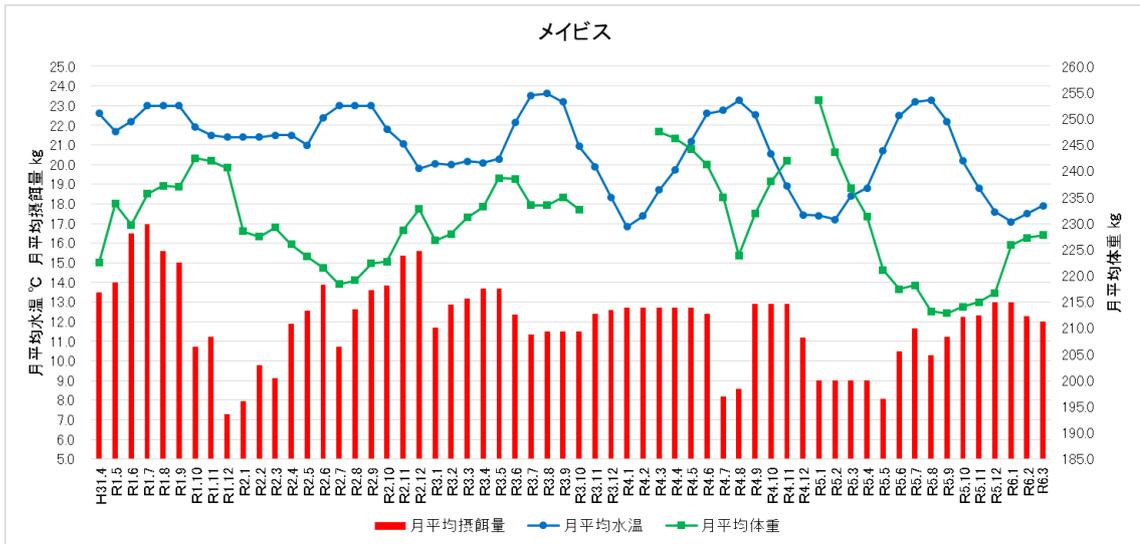
薬 剤	投与量（錠/回）	頻度（回/日）	目 的
レナルチン（100 mg）	12	3	代謝向上
メチコバル（500 μg）	10	3	細胞活性向上
フォリアミン（5 mg）	10	3	細胞活性向上
ユベラ（50 mg）	10	3	代謝向上

3 対応結果

(1) 飼育個体の状態

平成31年4月から令和6年3月までの月別の飼育水の平均水温、飼育個体の平均摂餌量、平均体重の推移（図IV-1）、令和元年度から令和5年度における飼育個体の状態（表IV-3）を以下に示した。

[図IV-1] 月別の平均水温、平均摂餌量、平均体重の推移



※体重の推移について、データ欠損部分は体重測定ができなかったことによるもの

[表IV-3] 飼育個体の状態

○メイビス

年度	状態
令和元年度	<ul style="list-style-type: none"> 10月以前から平均16kgの給餌を行ったところ、体重が246.0kgまで増加したものの、10月中旬には摂餌不良が認められ、給餌量を減量する結果となった。
令和2年度	<ul style="list-style-type: none"> 13~15kgの範囲で徐々に給餌量を増加させたが、摂餌不良が発生し、体重は234.5kgが最大値であった。
令和3年度	<ul style="list-style-type: none"> 給餌量約13kg（令和元年度、令和2年度の摂餌不良を踏まえ設定）で安定して摂餌し、体重も248.0kgまで増加した。また、健康状態も安定しており、冬期にもかかわらず、発情行動とみられる動作（不動化など）が、前年より強く出ていた。
令和4年度	<ul style="list-style-type: none"> 摂餌不良の発生がなかったため、気温の上昇後も令和3年度の冬期

令和4年度	<p>間の給餌量 12.7 kg（体重の約 5%の量）を継続したが、夏期に向けての体重減少が見られなかったため、6月16日からは給餌量を 12.1 kgに減量した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・7月16日からパフォーマンスへの参加意欲が低下するとともに、摂餌不良が発生し、8月3日ごろまで続いた。 ・摂餌不良が発生した際、血液検査、胃液検査、採便検査、呼気検査を実施したところ、胃液から真菌が検出されたが、摂餌不良の原因となるほどの量ではなかった。 ・その他の検査結果にも異常がなく、当該期間中に発情行動も見られていたことから、発情により精神的に不安定になっていることが原因ではないかと推測された。 ・また、体重の減少に伴い摂餌が回復したことから、夏期に向けて体重が減少しなかったことも原因の一つであると推測している。 ・冬期は、9月から給餌量を 12.9 kgに増量し、体重増加の経過をみたところ、体重が順調に増加し、11月には 240 kgを超え、1月末の測定では昨年同等の 247 kgを記録した。（水位低下により12月は体重測定ができなかった。） ・なお、12月初旬から繁殖行動が見られるようになり、12月末には強い発情が確認された。（令和3年度は12月初旬に強い発情を確認） ・12月中旬には、発情によりコントロール不能な状況が発生したため、給餌量を 11 kgに減量していたが、1月中旬にはイカ、ゼリー（水分補給用）を食べないなどの選り好みや摂餌不良が見られたため、給餌量をさらに 9 kgまで減量した。
令和5年度	<ul style="list-style-type: none"> ・夏期に向けての減量については、令和4年度1月中旬に発生した摂餌不良に伴う減量（9 kg）を継続して実施することとした。 ・給餌量の減量は、5月下旬まで継続した。 ・体重は5月中旬には、夏期の目標値である 220 kgまで減少し、その後も減少が続いたため、給餌量を増量した。 ・春期から夏期にかけて、強い発情は発生しなかった。 ・夏期の摂餌不良はなく、摂餌状況は良好であった。 ・夏期の体重は最終的に8月末に 210.0 kgまで減少した。 ・冬期に向け、9月から給餌量の増量を開始したが、体重増加が緩慢であった。 ・12月になり、飼育水温を 18℃に設定すると摂餌量も増加し、体重も増加が見られた。 ・あわせて、軽い発情行動も見られるようになったが、コントロールが不能になるような強い発情を示すことはなかった。 ・体重の目標値は 240 kg程度に設定していたが、2月時点で 228.0 kgにとどまっている。 ・ただし、体調不良などは見られず、パフォーマンスなども順調に行えている。

○アーチ

年 度	状 態
令和元年度	<ul style="list-style-type: none"> 10月以前から平均16kgの給餌を行ったところ、体重が222.5kgまで増加したものの、12月には摂餌不良が認められ、給餌量を減量する結果となった。
令和2年度	<ul style="list-style-type: none"> 13～15kgの範囲で徐々に給餌量を増加させていたが、12月中旬に肝機能の低下が認められたため、減量などの対応を行い、体重は215.5kgが最大であった。
令和3年度	<ul style="list-style-type: none"> 給餌量約13kgで安定して摂餌し、パフォーマンスにも支障はなかった。健康状態も安定しており、体重も221kgまで増加した。
令和4年度	<ul style="list-style-type: none"> 摂餌不良の発生がなかったため、気温の上昇後も令和3年度の冬期間の給餌量13.2kg（体重の約6%の量）を継続したが、メイビスの摂餌不良につられるようにパフォーマンス意欲の低下、摂餌不良が発生した。 摂餌不良は7月22日から8月2日まで続き、血液検査、胃液検査、採便検査、呼気検査を実施したところ、胃液から真菌が検出され、量も多かったことから、真菌感染が原因の一つであると推測された。 また、当該期間中に発情行動も見られていたことから、メイビスと同様に発情により精神的に不安定になっていることも原因の一つであると推測された。 さらに、体重の減少に伴い摂餌が回復したことから、夏期に向けて体重が減少しなかったことも原因の一つであると推測された。 冬期は、9月から給餌量を13.6kg、11月からは14.1kgへ増量し、体重増加の経過をみたところ、体重が順調に増加し、11月には215kgに達し、1月末の測定では過去最高の226.5kgを記録した。（水位低下により12月は体重測定ができなかった。） なお、12月初旬からメイビスの発情にあわせて繁殖行動が見られるようになり、12月末には交尾行動が数多く確認できた。（令和3年度は12月初旬に交尾行動を確認） 12月中旬には、発情によりコントロール不能な状況が発生したため、給餌量を12.4kgに減量した。 令和4年度2月初旬にパフォーマンス意欲の低下が認められたため、夏期への体重の調整も鑑みて10kgへ減量した。
令和5年度	<ul style="list-style-type: none"> 夏期に向けての減量については、令和4年度2月初旬に発生したパフォーマンス意欲の低下に伴う減量を継続して実施することとした。 体重が4月中旬には、夏期の目標値である210kgに達したが、その後も体重減少が続いたため、給餌量を増量した。 春期から夏期にかけて、強い発情は発生していない。 夏期の摂餌不良はなく、摂餌状況は良好であった。 夏期の体重は最終的に205kgまで減少した。 冬期に向け、9月から給餌量の増量を開始したが、体重増加が緩慢であった。 12月になり、飼育水温を18℃に設定すると摂餌量も増加し、体重も増加が見られた。

令和5年度	<ul style="list-style-type: none"> ・あわせて、軽い発情行動も見られるようになったが、コントロールが不能になるような強い発情を示すことはなかった。 ・体重の目標値は225 kg程度に設定していたが、1月時点で223.0 kgまで増加するも、それ以上の増加はなかった。 ・ただし、冬期も体調不良などは見られず、パフォーマンスなども問題なく行えている。
-------	--

令和3年度以前は、冬期に向け給餌量を増量することで、体重増加を図ることを試みていたが、予定した体重の増加は認められず、摂餌不良が発生する状況であった。

このことを踏まえ、令和3年度においては、冬期に向け、10月から水温の低下を開始するとともに、11月頃から給餌量の増量を開始したところ、予定した体重増加が認められ、冬期を通して摂餌状態、健康状態ともに安定し、発情行動が強く見られるようになった。

令和4年度においては、夏期に向けた給餌量の減量が適切でなかったため、体重の減少が認められず、摂餌不良も発生し、個体のコントロールが不能になることがあった。冬期に向けては、9月から給餌量の増量を開始したところ、令和3年度と同様に体重も順調に増加し、摂餌状態、健康状態ともに安定していたが、発情行動が更に強く見られ、個体のコントロールが不能になる頻度が増加した。

令和5年においては、前年度2月から夏期に向けた給餌量の減量を開始したところ、順調に体重が減少し、摂餌不良なども発生しなかったが、目標値以上に体重が減少した。冬期に向けては、令和4年度と同様に9月から給餌量の増量を開始したが、摂餌状況に異常はないものの、令和3年度、令和4年度に比べ体重の増加が緩慢で、12月になり体重増加が認められるようになった。また、発情についても、12月中旬ごろから認められたが、コントロールが不能になるような強い発情を示すことはなかった。

(2) 甲状腺ホルモン

血中の甲状腺ホルモン濃度の測定結果(表IV-4)、月別の平均飼育水温の推移と血中の甲状腺ホルモン濃度(図IV-2)、月別の平均飼育水温と血中の甲状腺ホルモン濃度の関係(図IV-3)を以下に示した。

なお、データ欠損箇所は採血未実施又は十分量の採血ができなかったことによるものである。

[表IV-4] 血中の甲状腺ホルモン濃度の測定結果

○メイビス

・T4 単位：μg/dL

年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
R3	—	—	—	—	—	—	—	11.40	9.94	8.82	—	—
R4	10.40	—	—	10.90	11.00	9.30	—	8.19	9.68	—	—	9.72
R5	—	—	—	7.78	—	9.25	8.39	7.72	9.68	—	—	8.30

・FT4 単位：ng/dL

年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
R4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.9
R5	—	—	—	1.9	—	2.1	1.8	1.8	2.4	—	—	2.2

○アーチ

・T4

単位：μg/dL

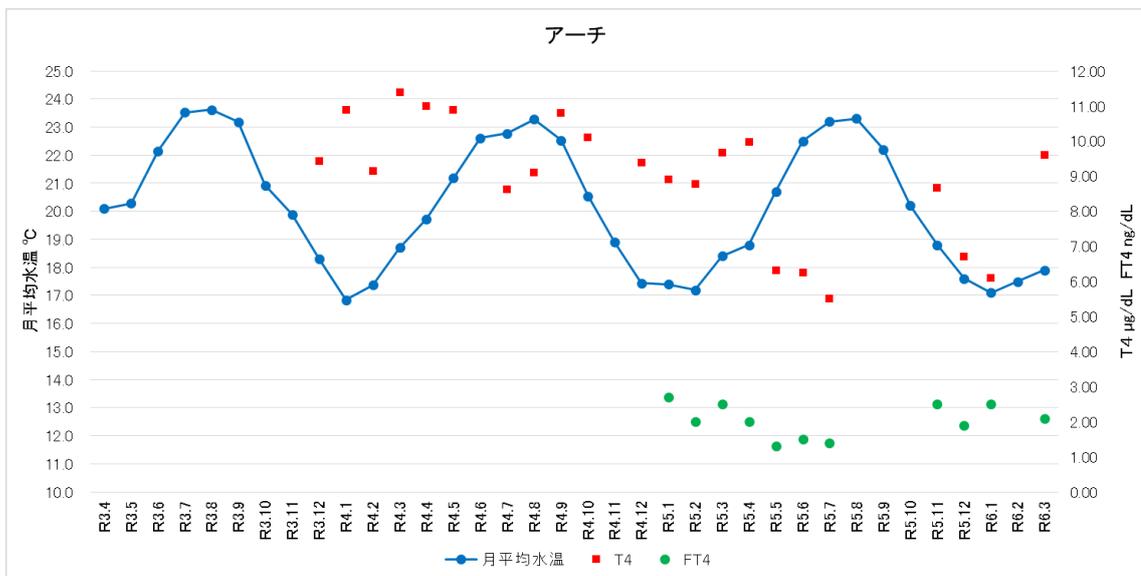
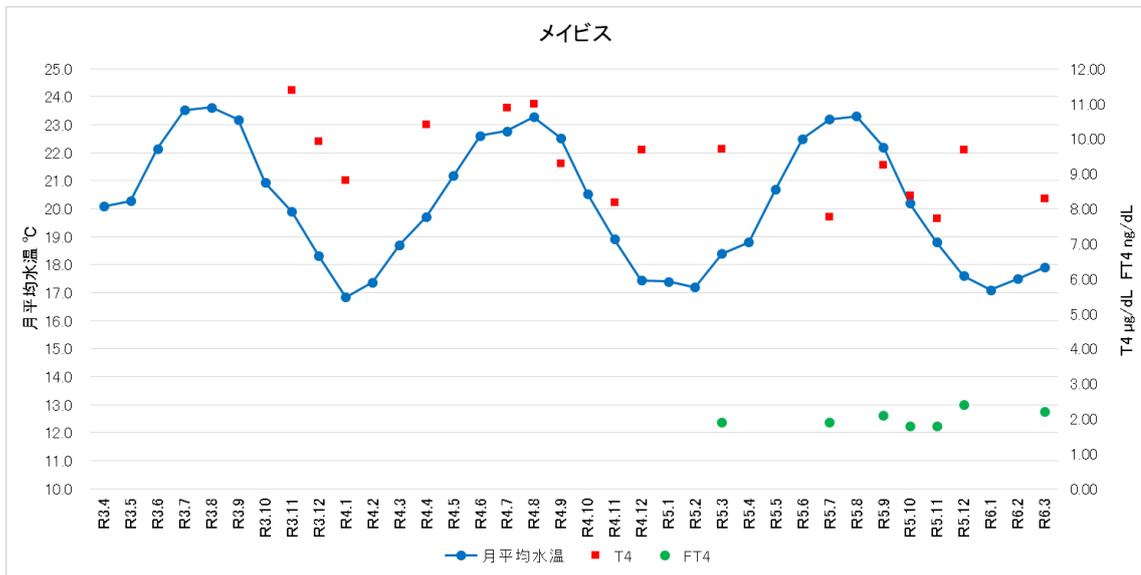
年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
R3	—	—	—	—	—	—	—	—	9.42	10.90	9.15	11.40
R4	11.00	10.90	—	8.63	9.10	10.80	10.10	—	9.39	8.90	8.77	9.67
R5	9.97	6.31	6.25	5.51	—	—	—	8.66	6.71	6.10	—	9.60

・FT4

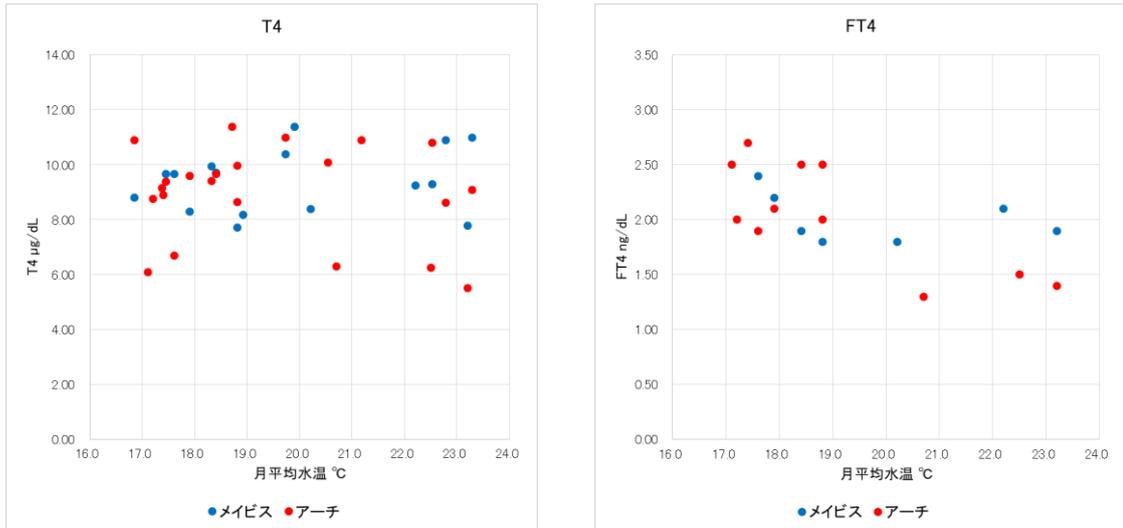
単位：ng/dL

年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
R4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.7	2.0	2.5
R5	2.0	1.3	1.5	1.4	—	—	—	2.5	1.9	2.5	—	2.1

[図IV-2] 月別の平均飼育水温の推移と血中の甲状腺ホルモン濃度



[図IV-3] 月別の平均飼育水温と血中の甲状腺ホルモン濃度の関係



T4について、メイビスでは、令和4年11月から12月、令和5年11月から12月に飼育水温の低下に伴う血中濃度の上昇と考えられる変化が認められたが、飼育水温の上昇に伴う血中濃度の低下は、連続した採血ができていないこともあり、明確ではない。アーチでは、令和3年12月から令和4年1月、令和4年8月から9月に飼育水温の低下に伴う血中濃度の上昇、令和5年4月から7月に飼育水温の上昇に伴う血中濃度の低下と考えられる変化が認められた。

また、FT4について、メイビスでは、令和5年11月から12月に、飼育水温の低下に伴う血中濃度の上昇と考えられる変化が認められた。アーチでは、令和5年12月から令和6年1月に飼育水温の低下に伴う血中濃度の上昇、令和5年3月から7月に飼育水温の上昇に伴う血中濃度の低下と考えられる変化が認められた。

4 考察

飼育水温、飼育個体の体重の推移から、季節にあわせた飼育水温の変更を行うことで個体の体内代謝の切替えが促進され、冬期には脂肪が蓄積し、夏期には減少することが推測される。

個体の体づくりを適切に行うためには、水温の変更とともに代謝の切替えに応じて給餌量の調整を行うことが重要であり、更に条件を精査していくことで、より安定的な結果が得られると考える。

また、鯨類飼育環境の検証結果を踏まえ、複数の鯨類飼育園館を訪問し、鯨類の飼育管理についてヒアリングを行ったが、季節にあわせた水温の変更や給餌量調整は、いずれの園館においても実施されていた。個体の体づくりに資するために、他園館との情報交換などを継続し、新たな知見や技術を習得することも重要である。

なお、血中の甲状腺ホルモン濃度については、T4、FT4のどちらも、データ欠損が多いため、部分的な評価にとどまり、飼育水温の変化と同調した規則的な変化を確認できるまでには至っていないため、今後も継続的な調査が必要である。

いずれにしても、季節にあわせた飼育水温の変更を開始した令和3年度以降は、飼育個体の大きな体調不良が発生しておらず、代謝の切替えを補助し、季節に応じた個体の体づくりを促すことは、健全な鯨類飼育にとって重要であると考えられる。

季節変化を踏まえた飼育水温の変更、給餌量の調整を行うことにより、季節に応じた個体の体づくりが促されることが確認できたことから、今後も取組を継続するとともに、飼

育個体の体重や血中の甲状腺ホルモン濃度の測定を行い、至適条件を探っていく。

V 水質管理について（提言 6、7 関係）

1 概要

取水海水の飼育用水としての適性を確認するため、指定管理者である(株)横浜八景島が過去の飼育実績を基に基準値（pH8.00～8.60、塩分 2.90～3.90%）を定めるとともに、毎日、pH、塩分を測定し、基準値を外れた状態が 5 日以上継続する場合は、取水を控えることとしている。

また、水族博物館周辺海域、流入河川である関川水系について、新潟県や上越市が発表する水質測定結果のモニタリングを継続している。

2 モニタリング方法

(1) 取水海水の pH、塩分

水生生物の飼育に用いるため、毎日、水族博物館の沖合約 800mの海域から取水している海水について、pH、塩分を測定しており、その数値を確認した。

なお、pHについては令和 4 年 1 月 31 日まではセンサー式の測定器を使用し、令和 4 年 2 月 1 日からは試薬を用いる比色式の測定器を使用した。塩分については海水濃度測定用の屈折計を使用した。

(2) 公共機関が発表する水族博物館周辺海域の水質測定結果

新潟県が発表する「公共用水域の水質測定結果」「異常水質事案情報」、上越市が発表する「公共用水域の水質等監視情報」「上越市の環境」について、継続的に確認を行っており、特に水族博物館の周辺海域である直江津海域、流入河川である関川の水質について注視している。

3 モニタリング結果

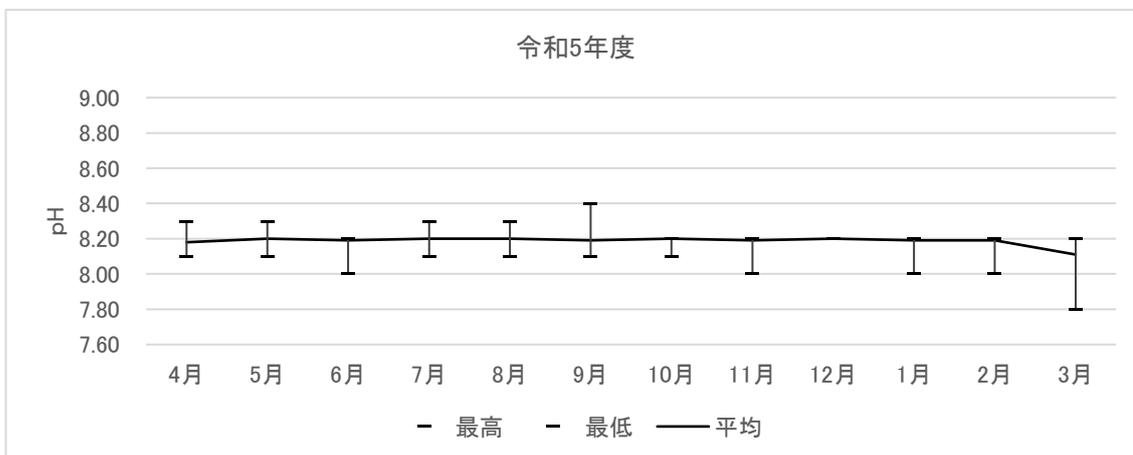
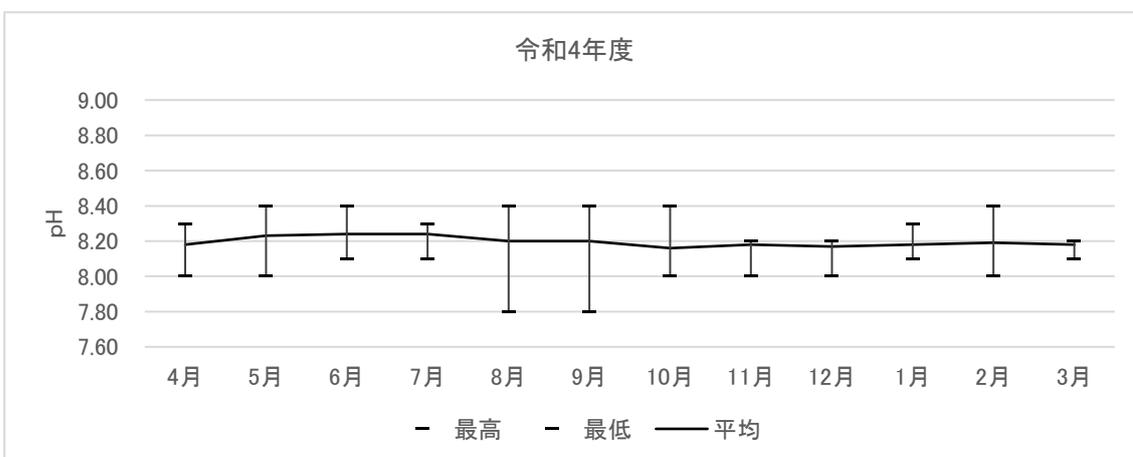
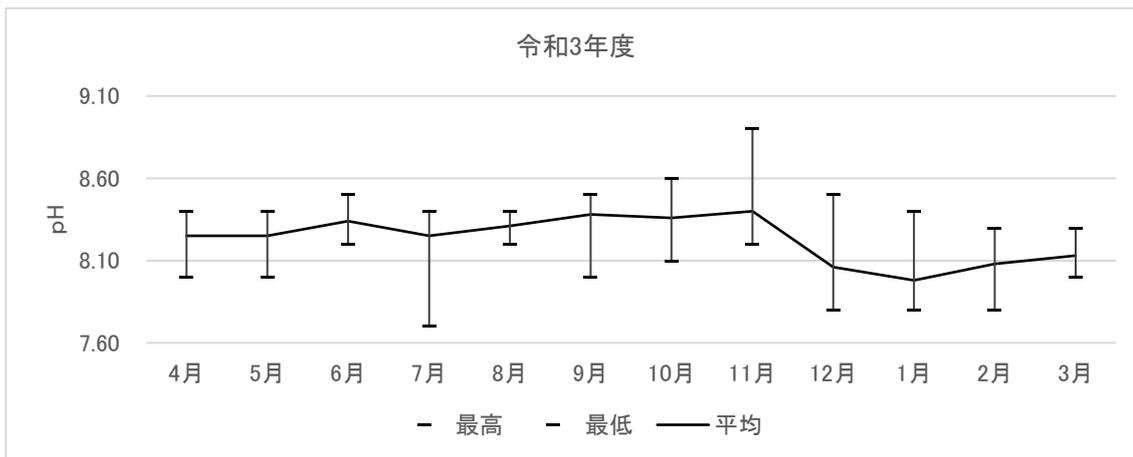
(1) 取水海水の pH の推移

取水海水の pH について、令和 3 年度は 7.70～8.90 の範囲、令和 4 年度は 7.80～8.40 の範囲、令和 5 年度は 7.80～8.40 の範囲で推移した（図 V-1）。

基準値を外れる値は複数回記録されており、基準値を上回る値が令和 3 年 11 月 5 日、基準値を下回る値が令和 3 年 7 月 31 日、12 月 14 日、16 日、18 日、19 日、30 日、令和 4 年 1 月 2 日、3 日、5 日、20 日、2 月 9 日、10 日、20 日、8 月 11 日、9 月 21 日、令和 6 年 3 月 5 日に記録されたが、これらの値が 5 日以上継続することはなかった。

水族博物館の場合、施設から約 1.5 kmの距離に関川の河口があるため、河川水の流入の影響を受けることが考えられることから、国土交通省が公表している水文水質データベースにおける関川河口付近の水位や気象庁が公表している気象データにおける関川水系流域の降水量を確認したが、明確な関係性は認められなかった。

[図V-1] pHの推移



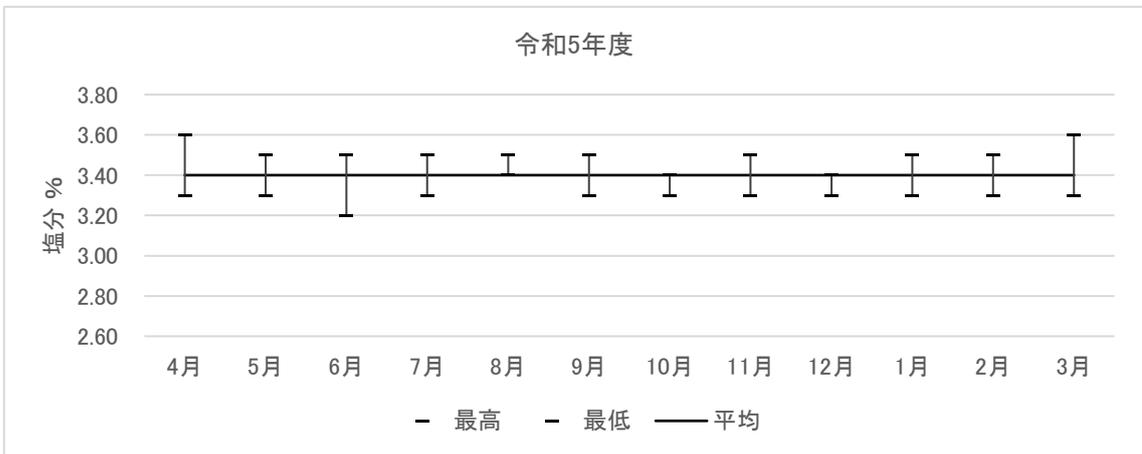
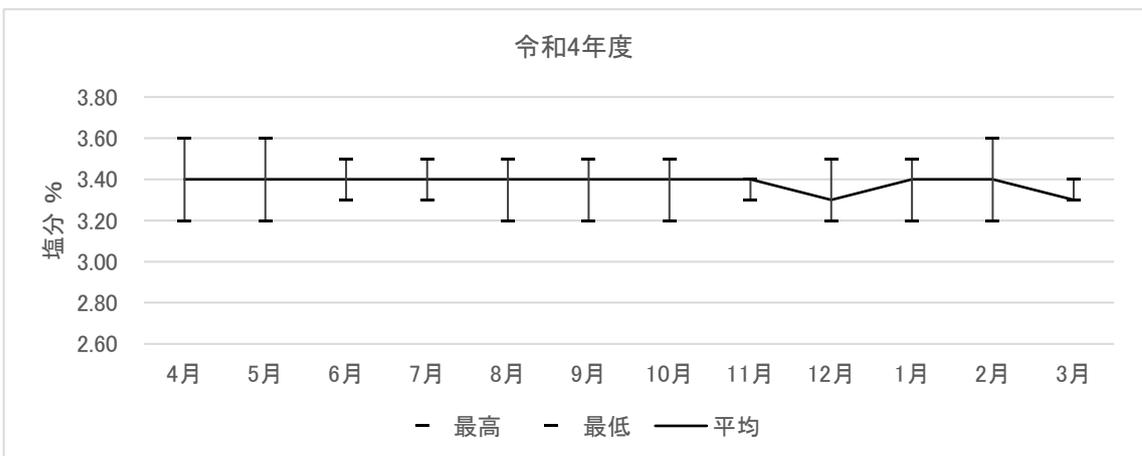
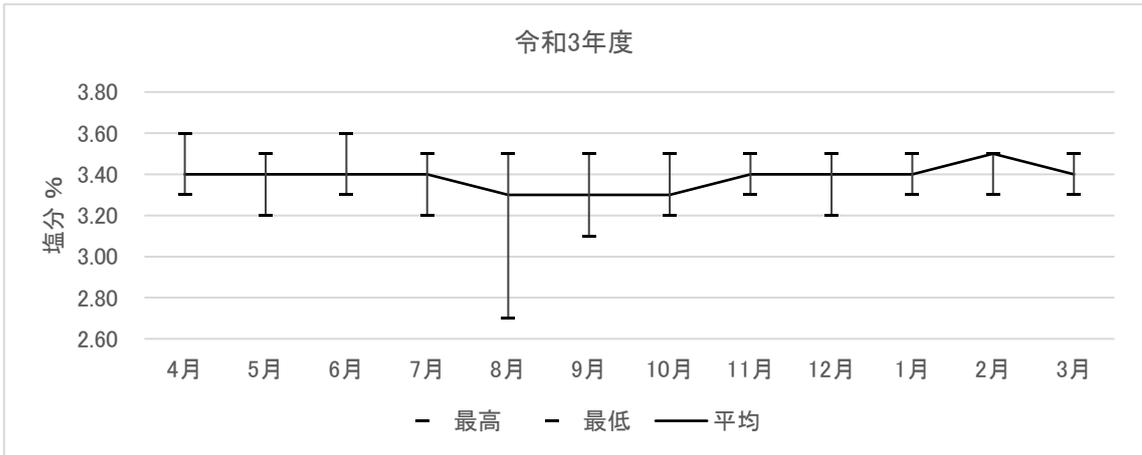
※令和3年12月、令和4年1月は、測定器の不調により測定回数が少なかったため、数値に偏りが生じている。

(2) 取水海水の塩分の推移

取水海水の塩分について、令和3年度は2.70～3.60%の間、令和4年度は3.20～3.60%の間、令和5年度は3.20～3.60%の間で推移し、基準値を外れる値が記録されたのは令和3年8月26日のみであった(図V-2)。

また、pHと同様に河川水の流入の影響を受けることが考えられることから、関川河口付近の水位や関川水系流域の降水量を確認したが、明確な関係性は認められなかった。

[図V-2] 塩分の推移



(3) 公共機関が発表する水族博物館周辺海域等の水質測定結果

新潟県発表の「公共用水域の水質測定結果」、上越市発表の「公共用水域の水質等監視情報」「上越市の環境」において、直江津港海域の水質については、pH、D0、大腸菌、COD、n-ヘキサン注水物質、河川については、pH、D0、大腸菌、BOD、浮遊物質、総水銀など、水質に影響の大きな項目を中心にモニタリングを行ったが、これまでの間、鯨類の飼育に影響を及ぼすと考えられる水質の変化や事案は確認されていない。

また、新潟県発表の「異常水質事案情報」では、事故、災害等による有害物質又は油類の公共用水域への流出又は地下浸透、公共用水域における相当数の魚類等の斃死などの事案が公表されているが、これまでの間、鯨類の飼育に影響を及ぼすと考えられる水

質の変化や事案は確認されていない。

なお、既に確定値として新潟県が発表している「令和3年度公共用水域及び地下水の水質測定結果」において、関川水系（関川本流及び支川）、直江津海域ともに環境基準を達成したことが報告されている。

4 考察

水族博物館の水槽やプールの飼育水は、ろ過循環によって水質を維持しているが、飼育水の補給やろ過槽の逆洗などに、地先海域から取水した海水を使用している。このため、水生生物を飼育展示するうえで、水槽やプールの飼育水の水質を測定し、その状態を把握することは基本であるが、取水した海水についても、日々の水質測定は必須事項である。

飼育展示生物の多数を占める無脊椎動物や魚類は、鯨類などの海生哺乳類に比べ pH や塩分の変化の影響を受けやすく、より厳しい管理が求められることから、取水した海水の水質についても pH や塩分の把握に重点を置いてきた経緯がある。

水中で生活する水生生物にとって、より多くの水質項目を知ることが有益であると考えられるが、それらの項目の全てを日々検査することは困難であるのが現実である。「異常水質事案情報」を除き、新潟県や上越市の発表するデータについては、即時的なものではないが、今後もモニタリングを継続しながら飼育管理にいかしていく。

VI 飼育個体のストレスについて（提言9関係）

1 概要

飼育個体の健康状態を評価する指標の一つとして、ストレス状態を数値的に把握するために、継続的に血中コルチゾール濃度、好酸球分画の測定を行っている。

2 採血方法

(1) 受診動作による採血

健康管理のために定期的実施している血液検査時に、個体が受診動作を示した状態で採血を行った。

(2) 保定による採血

受診動作による採血が困難な場合は、ホスピタルプールに個体を収容した後、プールの水位を下げ、個体を保定した状態で採血を行った。

3 測定方法

血中コルチゾール濃度、好酸球分画ともに、外部検査機関に依頼し、測定を行った。

4 結果

(1) 採血回数

令和3年3月17日から令和6年3月14日までの間、メイビスについては、受診動作による採血を15回、保定による採血を7回実施し、アーチについては、受診動作による採血を37回、保定による採血を1回実施した。

メイビスとアーチの採血回数が異なるのは、メイビスが受診動作による採血を安定的に行えず、結果的に保定による採血を複数回行う必要があったためであり、アーチと比較し採血回数も少ない。アーチは安定的に受診動作による採血が可能であり、結果的に保定による採血は1回のみであった。

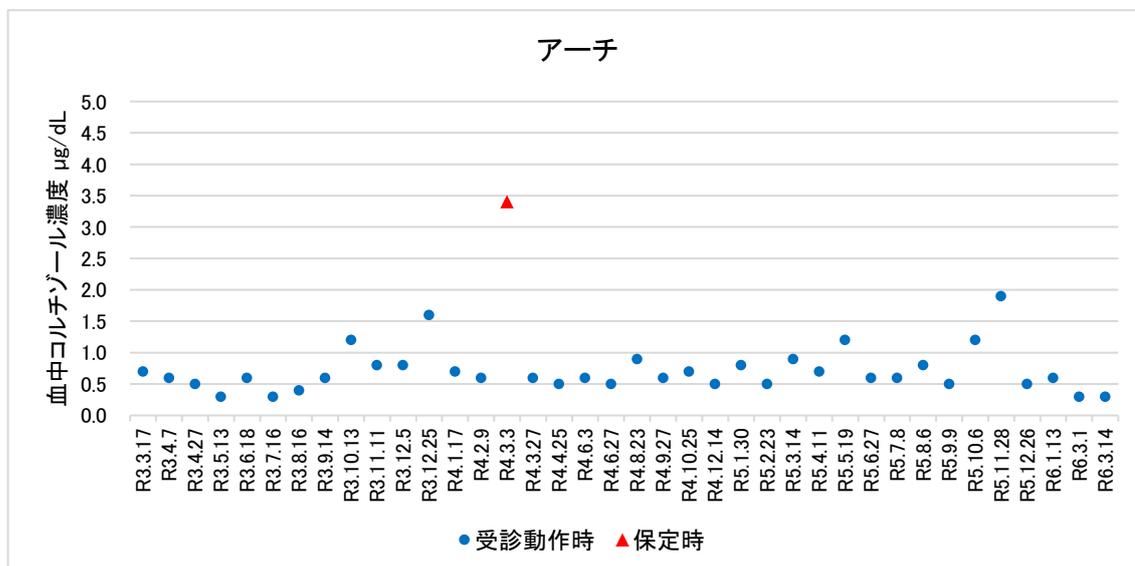
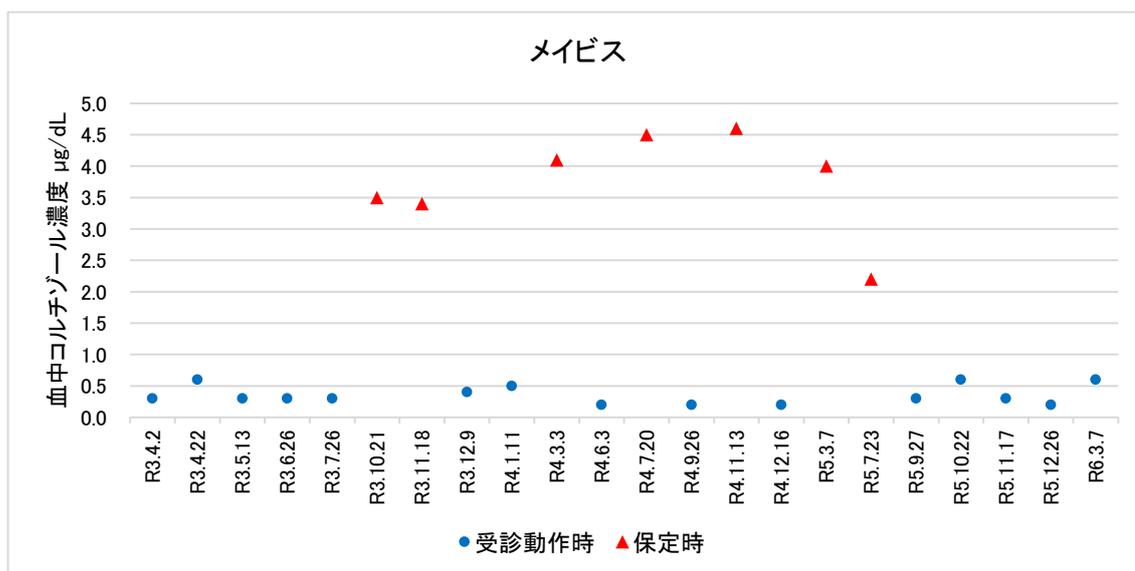
(2) 血中コルチゾール濃度

血中コルチゾール濃度について、メイビスの受診動作による採血時は 0.2~0.6 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (平均: 0.4 $\mu\text{g}/\text{dL}$) の範囲、保定による採血時は 2.2~4.6 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (平均: 3.8 $\mu\text{g}/\text{dL}$) の範囲にあり、アーチの受診動作による採血時は 0.3~1.9 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (平均: 0.7 $\mu\text{g}/\text{dL}$) の範囲、保定による採血時は 3.4 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (実施は1回のみ) であった (図VI-1)。

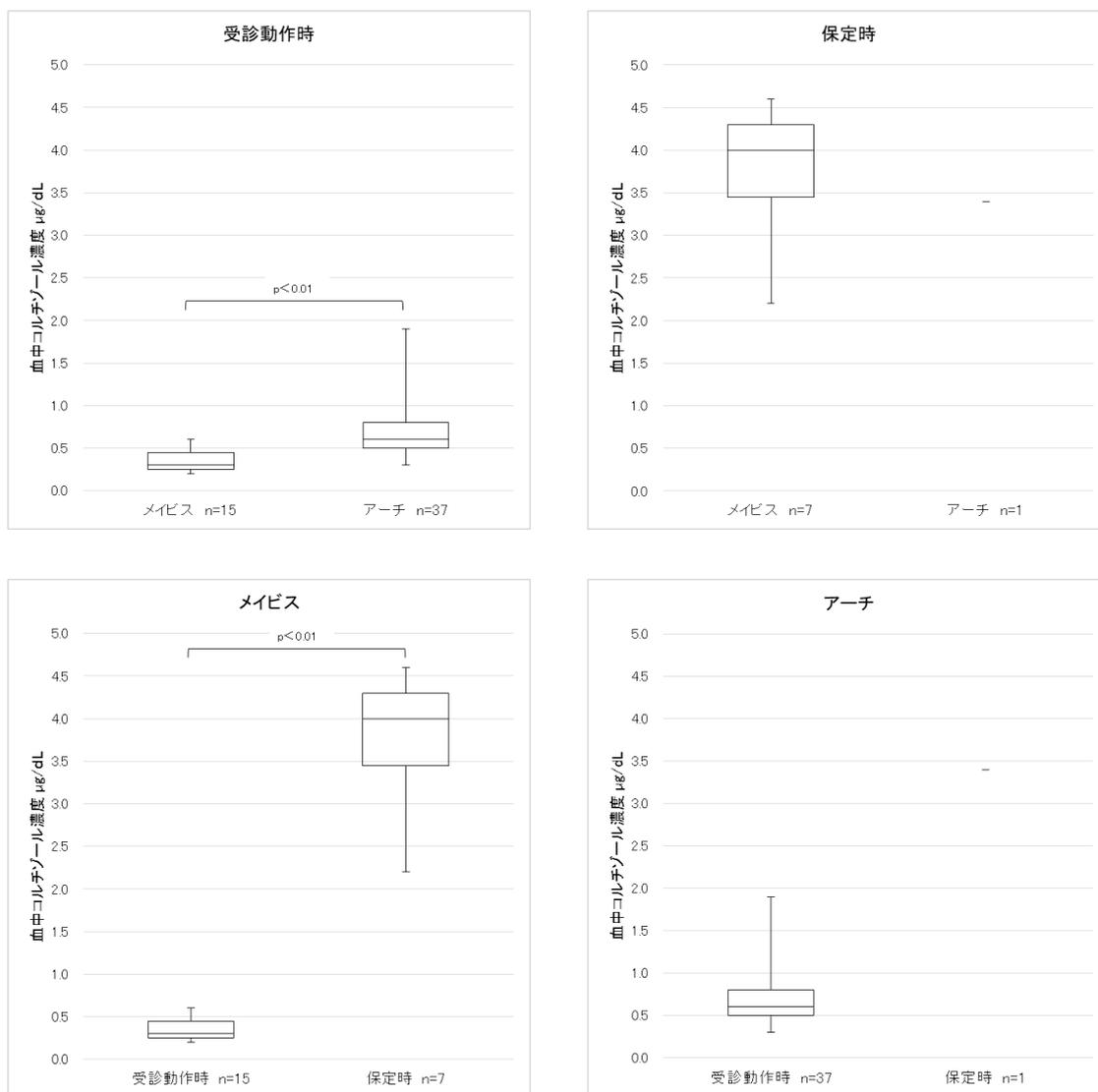
また、メイビスの受診動作による採血時の血中コルチゾール濃度とアーチの受診動作による採血時の血中コルチゾール濃度の間に、有意差が認められ ($p < 0.01$ 、マン・ホイットニーの U 検定)、メイビスの受診動作による採血時の血中コルチゾール濃度と保定による採血時の血中コルチゾール濃度の間に、有意差が認められた ($p < 0.01$ 、対応のある t 検定) (図VI-2)。

なお、メイビスの保定による採血時の血中コルチゾール濃度とアーチの保定による採血時の血中コルチゾール濃度の間、アーチの受診動作による採血時の血中コルチゾール濃度と保定による採血時の血中コルチゾール濃度の間については、アーチの保定による採血回数が少なく分析が不可能であるため、検定を実施していない。

[図IV-1] 血中コルチゾール濃度の測定結果



〔図VI - 2〕 血中コルチゾール濃度の分布



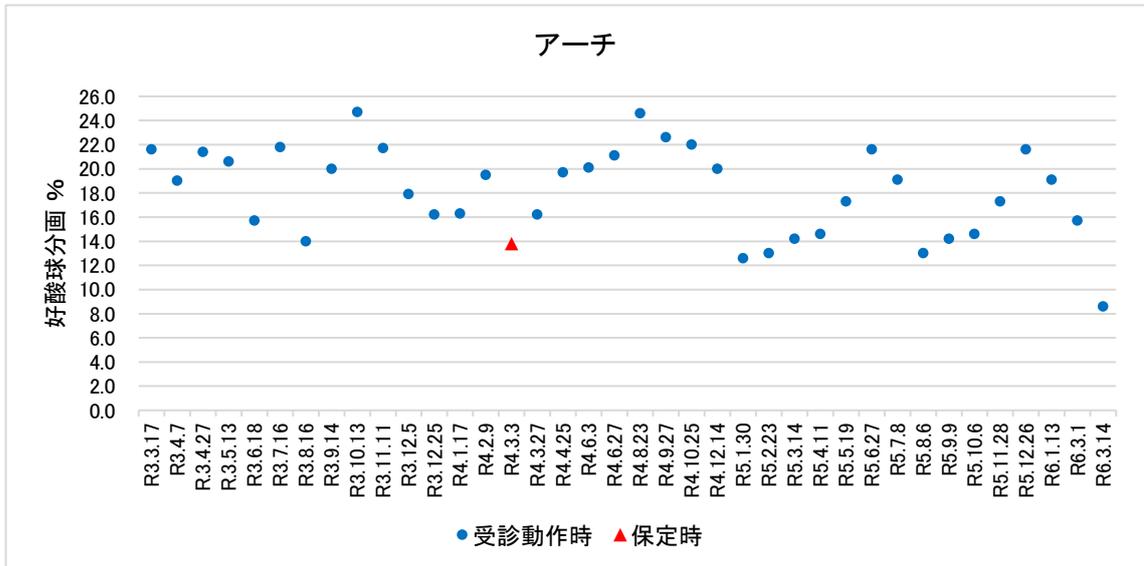
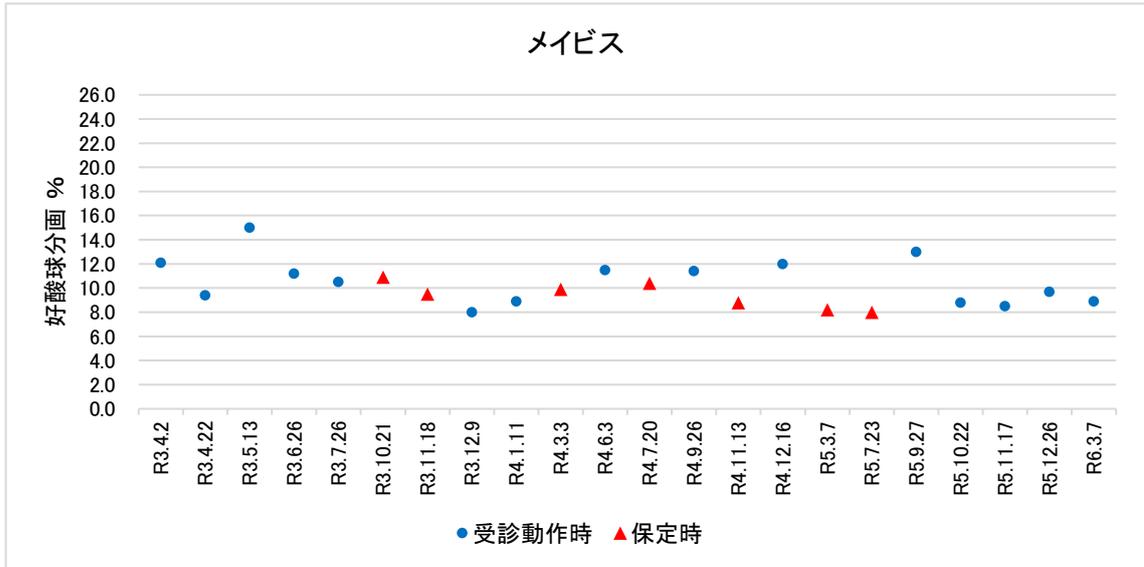
(3) 好酸球分画

好酸球分画について、メイビスの受診動作による採血では8.0～15.0% (平均:10.6%)の範囲、保定による採血時は8.0～10.9% (平均:9.4%)にあり、アーチの受診動作による採血では8.6～24.7% (平均:18.2%)の範囲、保定による採血時は13.8% (実施は1回のみ)であった (図VI-3)。

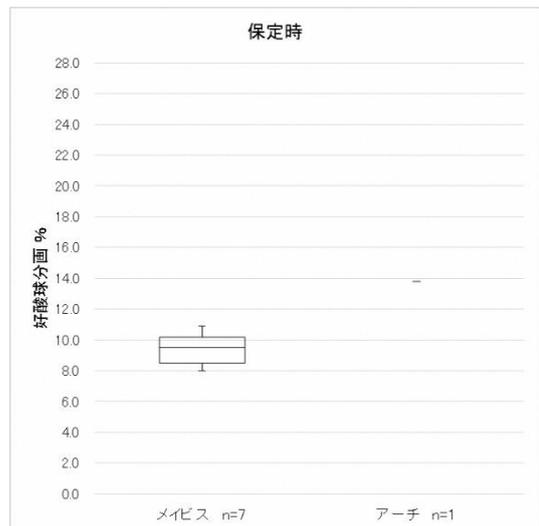
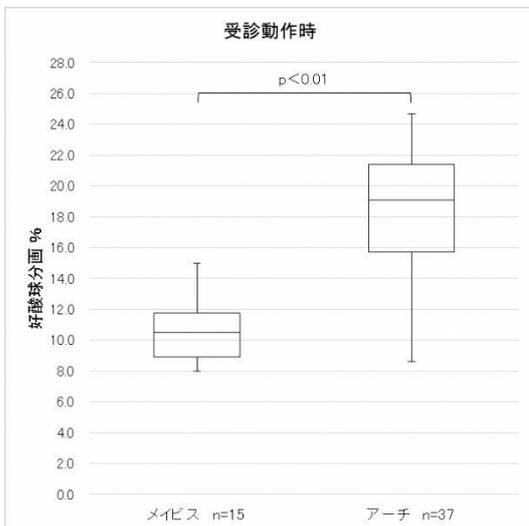
また、メイビスの受診動作による採血時の好酸球分画とアーチの受診動作時による採血時の好酸球分画の間に、有意差が認められたが ($p < 0.01$ 、マン・ホイットニーのU検定)、メイビスの受診動作による採血時の好酸球分画と保定による採血時の好酸球分画の間には、有意差が認められなかった (図VI-4)。

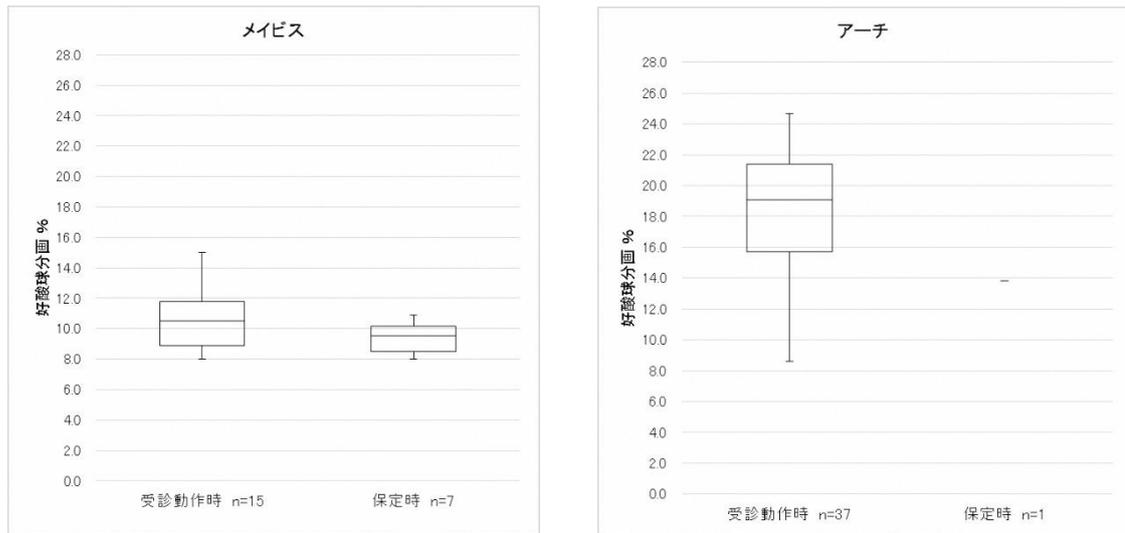
なお、メイビスの保定による採血時の好酸球分画とアーチの保定による採血時の好酸球分画の間、アーチの受診動作による採血時の好酸球分画と保定による採血時の好酸球分画の間については、血中コルチゾール濃度と同様に、アーチの保定による採血回数が少なく分析が不可能であるため、検定を実施していない。

[図VI-3] 好酸球分画の測定結果



[図VI-4] 好酸球分画の分布





5 考察

血中コルチゾール濃度は、ストレスに対して即時性の高い測定項目であることが知られており、採血時のストレス状態の指標となる。飼育下のバンドウイルカの血中コルチゾール濃度について、Atkinson and Dierauf (2018) によると、受診動作により 10 分以内に採血した場合の平均は約 1.25 μ g/dL、3 時間の追跡後に採血した場合は 2.5 μ g/dL、さらに 7 時間、輸送をシミュレートするために動物を担架に固定し、連続でサンプルを収集した場合の上限値は 4.7 μ g/dL であったとされており、閾値まではストレスの強度、時間に応じて、血中コルチゾール濃度が上昇することが示唆されている。

今回、メイビス及びアーチの受診動作による採血時の血中コルチゾール濃度の平均値は、いずれも 1.25 μ g/dL より低値であり、保定による採血時の血中コルチゾール濃度は 2.2~4.6 μ g/dL の範囲にあったことから、Atkinson and Dierauf (2018) の報告と同様の傾向を示している。また、メイビスの血中コルチゾール濃度について、受診動作による採血時が、保定による採血時と比較して有意に低値であることが認められたことから、受診動作による採血時のストレス状態は低く、保定による採血時のストレス状態は高いことが推察できる。

なお、鯨類では同種であっても個体ごとに血液性状が異なることが広く知られているが、血中コルチゾール濃度については、年齢の若い個体の方が高値を示すとの知見もあり、メイビスの年齢が 19 歳、アーチの年齢が 12 歳（ともに令和 6 年 3 月 14 日時点の年齢）であることから、受診動作による採血時のアーチの血中コルチゾール濃度が、メイビスと比較して有意に高値であることは、年齢の違いによるものと考えられる。

一方、好酸球分画は、長期的なストレスにより減少することが知られており、長期間におけるストレス状態の指標となる。飼育下のバンドウイルカの好酸球分画について、Gulland et al. (2018) の Appendix 1 によると、バンドウイルカの正常値 (SeaWorld の 38 個体 1150 検体から算出された数値) は 5.9~20.4% の範囲であったとされている。

今回、受診動作及び保定による採血時の好酸球分画について、メイビスでは 8.0~15.0% を示し、変動が少なく、かつ Gulland et al. (2018) の Appendix 1 で報告されている正常値の範囲にあり、アーチでは 8.6~24.7% を示し、変動が大きくかつ正常値の範囲の上限を上回ることがあったものの、下限を下回ることにはなかった。受診動作による採血時のアーチの好酸球分画が、メイビスと比較して有意に高値であることは、個体差によるものと考えられる。

また、好酸球分画が長期的なストレスにより減少することが知られていること、メイビスの好酸球分画について、受診動作による採血時と保定による採血時の間で有意差が認め

られなかったことから、長期的に高いストレス状態にはないことを示唆していると考えられる。

これらのことから、メイビス及びアーチについては、保定による採血時には一時的にストレス状態が高まるが、平時において、問題となるストレス状態にはないと考えられる。

個体のストレス状態を把握するために、今後も血中コルチゾール濃度、好酸球分画の測定を行うとともに、発情の有無や受診動作の意欲の程度により、血中コルチゾール濃度が変化する可能性があることから、採血時の状態や採血前後の行動観察などについても注力し、更なる知見の収集に努める。

VII 餌料の成分分析について（提言 10 関係）

1 概要

定期的（入荷ロット単位）に餌料の成分分析を実施し、餌料の成分を把握している。特にリン濃度については、飼育個体の血液検査結果などとあわせ、適切な餌料成分となるよう給餌配分を調整している。

2 対応

令和 3 年度から、バンドウイルカの餌料として使用しているマアジ、サバ類、イカ類、ホッケ、サンマについて、各餌料の納品時にサンプル（100 g）を抽出し、外部検査機関において、カロリー、水分、タンパク質、脂質、炭水化物、灰分、カルシウム、リンの成分分析を継続的に実施している。

3 結果及び考察

バンドウイルカについては、マアジを主体として、サバ類、イカ類を給餌している。そのほか、ホッケ、サンマについては、体重の増減に応じて限定的に使用（春から夏にかけてはホッケ、秋から冬にかけてはサンマ）している。

また、バンドウイルカの便に、未消化の小骨が混じることがあったため、令和 5 年 11 月からは、サバ類の代替として骨の細かいニシンの給餌を試みている。

餌料については全て冷凍品であり、冷凍焼けなどがないか状態を確認し、品質の良いものを使用している。ホッケ、サンマについては、期間を限定しての使用になるため、期間ごとに使い切り、長期保管とならないよう注意している。

餌料の成分分析結果（表VII-1）から、成分組成については、毎回、差異が認められ、餌料の種類によっては、脂質やカルシウム、リンなどについてロットごとの変動が大きく、脂質は高カロリー、リンは高リン食を回避するために注意が必要であることが確認できた。

また、飼育個体の検査結果からは、特筆すべき問題は認められていないため、現状では餌料の成分による問題はないものと考えている。

今後も餌料の成分分析を継続し、飼育個体の健康状態に応じた餌料配分の検討や、季節に応じた個体の体重調整などにかかしていく。

[表VII-1] 餌料の成分分析結果

○マアジ

測定年月	エネルギー kcal/100g	水分 g/100g	タンパク質 g/100g	脂質 g/100g	炭水化物 g/100g	灰分 g/100g	カルシウム mg/100g	リン mg/100g
R3. 4	85	76.5	15.8	2.1	0.6	5.0	1,200	430
R3.11	84	77.2	15.2	2.1	1.1	4.4	700	360
R4. 5	85	76.7	15.0	2.5	0.6	5.2	960	540

R4. 9	84	77.5	16.1	2.1	0.1	4.2	970	1,200
R5. 3	77	78.0	14.9	1.5	1.0	4.6	980	640
R5. 7	92	76.3	16.4	2.7	0.6	4.0	1,000	470
R6. 2	111	73.7	17.4	4.5	0.2	4.2	1,000	700

○サバ類

測定年月	エネルギー kcal/100g	水分 g/100g	タンパク質 g/100g	脂質 g/100g	炭水化物 g/100g	灰分 g/100g	カルシウム mg/100g	リン mg/100g
R3. 4	125	71.3	18.5	4.3	3.0	2.9	1,100	420
R3.11	142	68.9	17.6	5.6	5.2	2.7	110	390
R5. 3	213	63.8	17.0	15.7	0.8	2.7	370	460
R5. 7	111	73.8	15.9	4.0	2.9	3.4	600	380

○イカ類

測定年月	エネルギー kcal/100g	水分 g/100g	タンパク質 g/100g	脂質 g/100g	炭水化物 g/100g	灰分 g/100g	カルシウム mg/100g	リン mg/100g
R3. 4	97	77.3	16.5	3.0	1.0	2.2	54	170
R4. 5	89	78.6	15.9	2.4	0.9	2.2	28	220
R4. 9	97	76.8	17.1	2.6	1.4	2.1	28	490
R5. 3	116	74.7	16.0	4.7	2.5	2.1	29	200

○ホッケ

測定年月	エネルギー kcal/100g	水分 g/100g	タンパク質 g/100g	脂質 g/100g	炭水化物 g/100g	灰分 g/100g	カルシウム mg/100g	リン mg/100g
R3. 4	68	81.3	12.8	1.2	1.4	3.3	1,100	350
R4. 5	118	74.8	15.9	5.5	1.1	2.7	530	610

○サンマ

測定年月	エネルギー kcal/100g	水分 g/100g	タンパク質 g/100g	脂質 g/100g	炭水化物 g/100g	灰分 g/100g	カルシウム mg/100g	リン mg/100g
R3. 4	206	62.5	20.7	13.3	0.8	2.7	550	300
R4. 9	168	66.4	16.1	9.0	2.6	2.9	500	570

○ニシン

測定年月	エネルギー kcal/100g	水分 g/100g	タンパク質 g/100g	脂質 g/100g	炭水化物 g/100g	灰分 g/100g	カルシウム mg/100g	リン mg/100g
R6. 2	170	69.1	15.6	11.5	1.1	2.7	400	350

VIII 血液検査について（提言 11 関係）

1 概要

血液検査について、水族博物館の機器の不具合発生などにより、外部検査機関などで検査を実施した場合でも診断に支障が生じないように、水族博物館における検査結果と外部検査機関における検査結果を比較検証し、検査数値の差異を把握するとともに、個体の健康管理にいかしている。

2 検証方法

令和3年2月から令和4年1月までの1年間、同一検体に対する血液検査（表Ⅷ-1）を水族博物館及び外部検査機関において実施することにより、検査結果の比較検証を行った。

水族博物館においては、測定機器（表Ⅷ-2）による検査のほか、白血球について、目視による分画測定も並行して行った。

[表Ⅷ-1] 血液検査項目

区分	検査項目	備考
血球計算	赤血球数(RBC)	貧血指標
	ヘマトクリット(Ht)	貧血及び感染性疾患の指標
	ヘモグロビン(HB)	貧血及び感染性疾患の指標
	MCV	貧血及び感染性疾患、血液疾患などの指標
	MCH	
	MCHC	
	白血球数(WBC)	感染性疾患及び炎症性疾患の指標
	好中球(Neu)	感染性疾患などの指標
	リンパ球(Lympho)	感染性疾患、リンパ組織状態の指標
	単球(Mono)	慢性炎症などの指標
	好酸球(Eosino)	感染性疾患などの指標
	好塩基球(Baso)	感染性疾患などの指標
	血小板(PLT)	感染性疾患及び炎症性疾患の指標
	生化学検査	ナトリウム(Na)
カリウム(K)		
クロール(Cl)		
カルシウム(Ca)		腎機能及び副甲状腺ホルモン、ビタミンDの動態把握指標
リン(IP)		
尿素窒素(BUN)		腎機能及び栄養価の指標
クレアチニン(CRE)		腎機能の指標
総蛋白(TP)		炎症性疾患及び脱水などの指標
アルブミン(Alb)		炎症性疾患及び感染性疾患などの指標
GOT		肝機能などの指標
GPT		
GGT		
ALP		炎症性疾患及び感染性疾患、栄養価などの指標
LDH		臓器障害や感染症の指標
CPK		臓器障害の指標
総ビリルビン(TBILL)		肝機能の指標
総コレステロール(TCHO)		肝機能及び脂質異常症の指標
アミラーゼ(AMY)		消化器疾患などの指標
中性脂肪(TG)		肝機能及び脂質異常症の指標
血糖(Glu)		肝機能及び感染性疾患の指標

※注

- ・Na、K、Cl、IP、LDH、AMYについては令和3年6月から、CPKについては令和3年8月から、外部検査機関での検査を実施した。
- ・令和3年2月19日、令和3年8月30日のメイビス、令和3年2月24日のアーチについて、十分量の血液採取ができなかったため、外部検査機関での検査は未実施であ

る。

- ・水族博物館での ALP の測定について、令和 3 年 4 月 2 日までのメイビス、令和 3 年 4 月 7 日までのアーチの測定方法は JSCC 法（日本で定められた検査方法）であるが、令和 3 年 4 月から国内の測定方法が変更になったため、以降は IFCC 法（国際的に定められた検査方法）で測定している。なお、外部検査機関の測定方法は、検査実施期間を通して IFCC 法である。

[表Ⅷ-2] 水族博物館における測定器具

区 分	測定器具
血球計算	自動血球計算器：アイデックスラボラトリーズ株式会社 IDEXX ProCyte Dx
生化学検査	動物用臨床化学分析装置：富士フイルムメディカル株式会社 富士ドライケム NX500V

3 結果及び考察

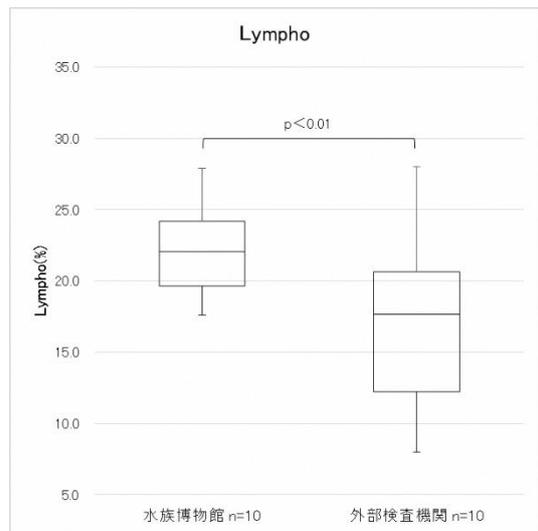
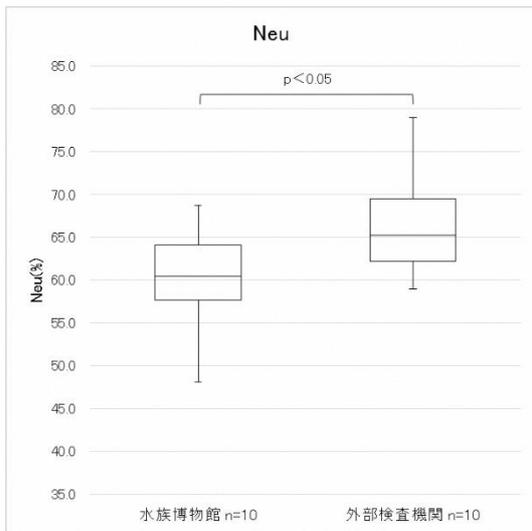
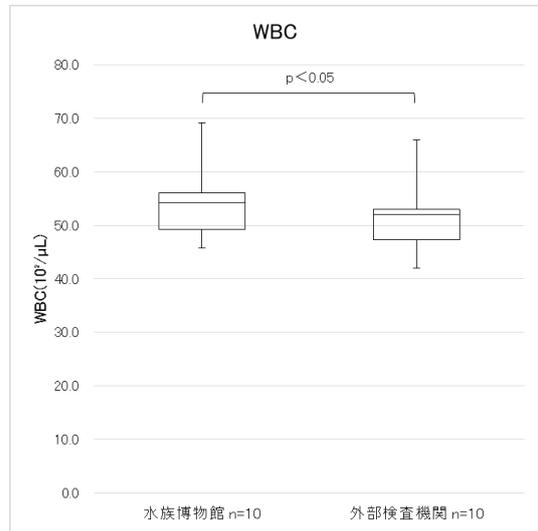
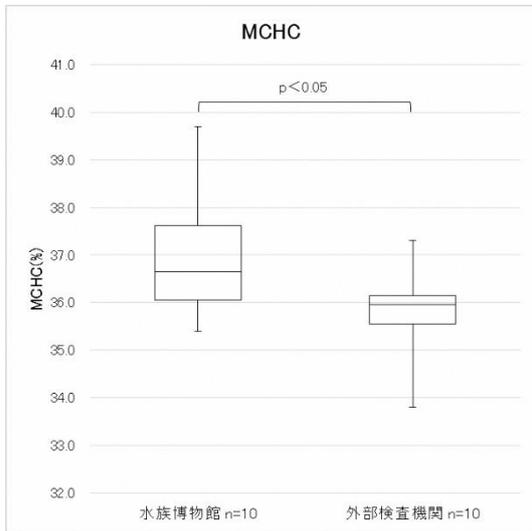
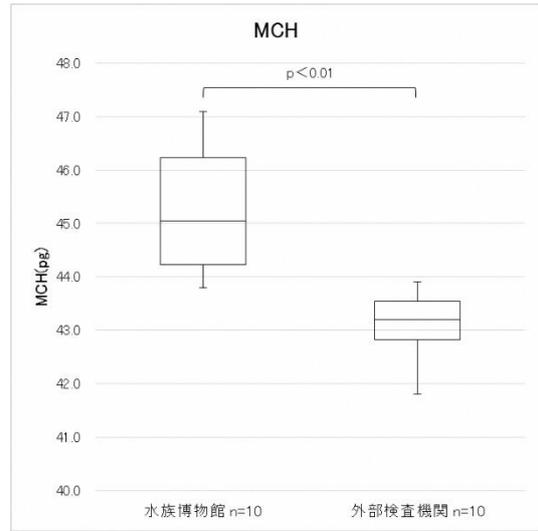
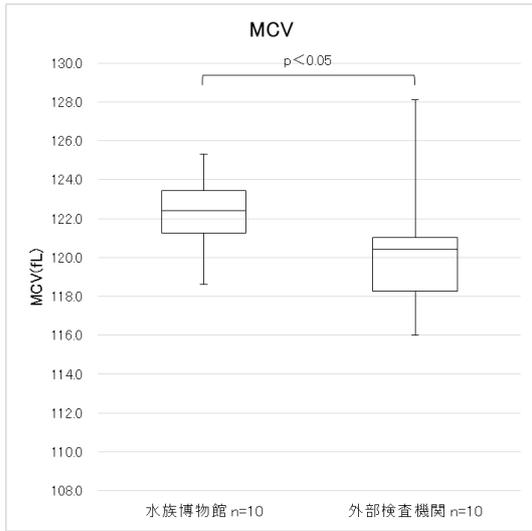
血液検査のうち、水族博物館における検査結果と外部検査機関における検査結果の間に、有意差が認められた項目（ $p < 0.01 \sim 0.05$ 、対応のある t 検定又はウィルコクソン符号順位和検定）について、検査結果を以下に示した（表Ⅷ-3、図Ⅷ-1、表Ⅷ-4、図Ⅷ-2）。

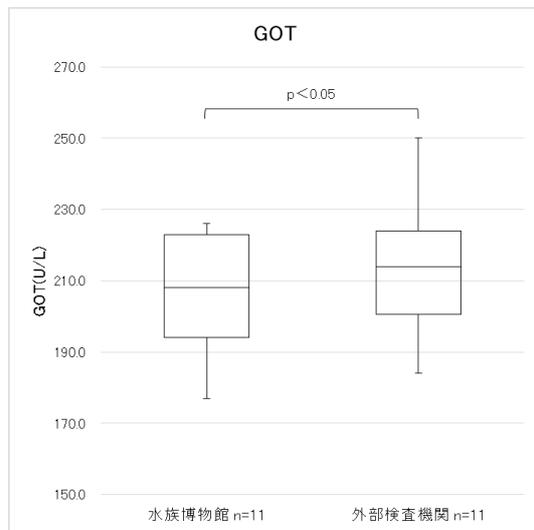
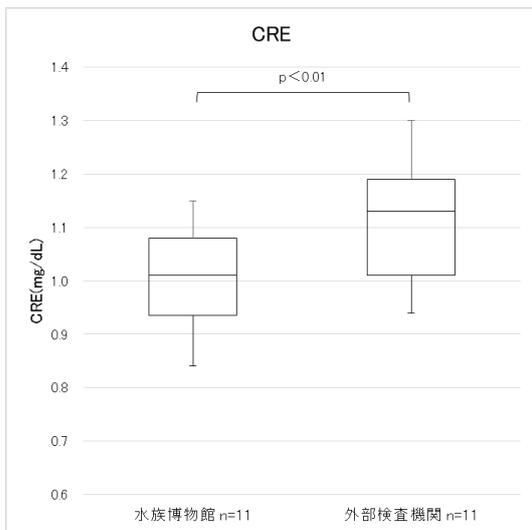
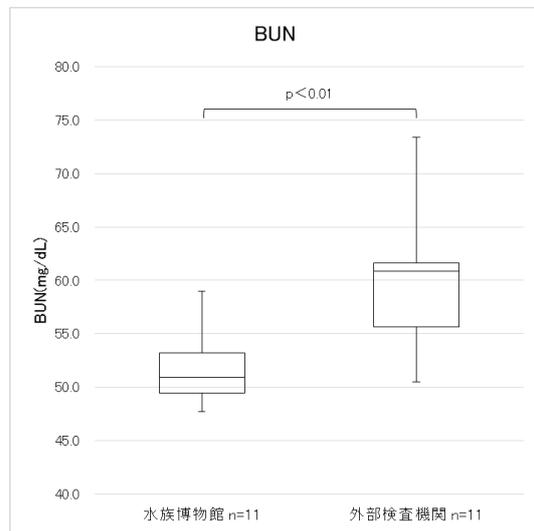
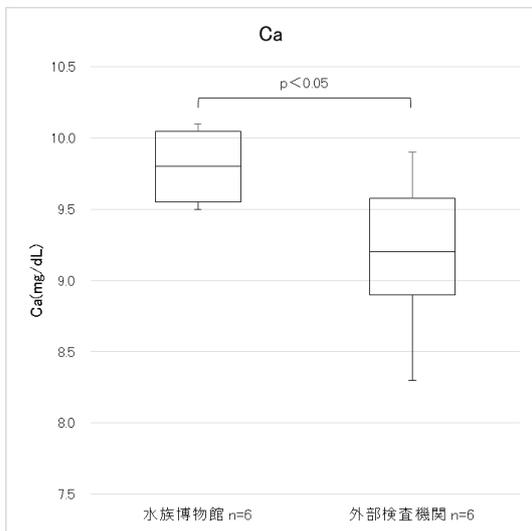
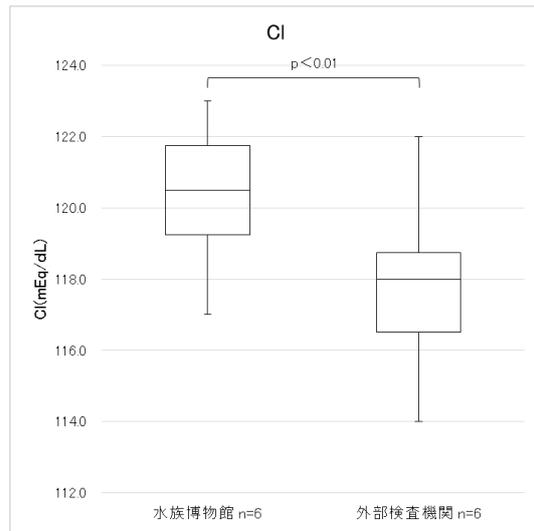
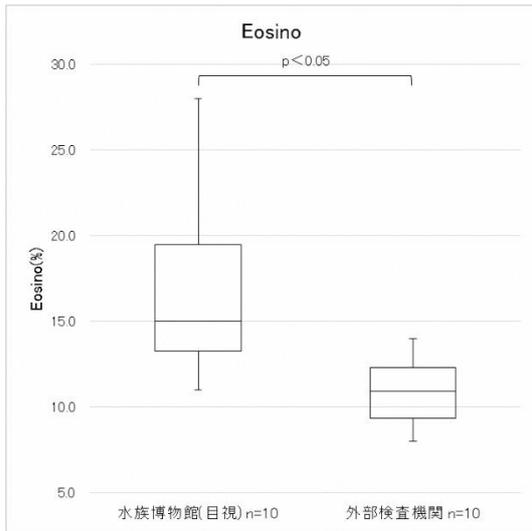
多くの検査項目について、水族博物館における検査結果と外部検査機関における検査結果との間で有意差が認められたことから、外部検査機関における検査を行う場合は、その差を踏まえ、個体の健康状態の適切な把握に努めている。

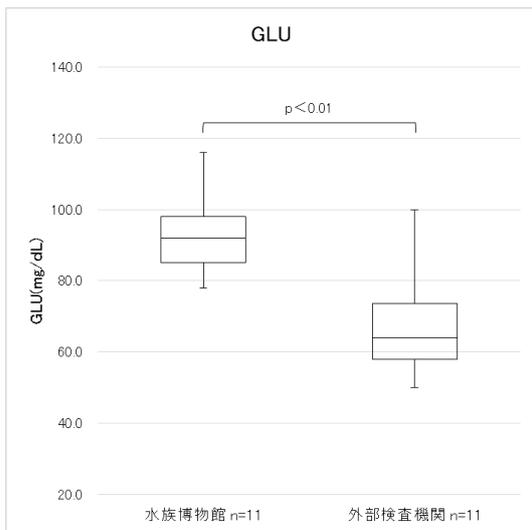
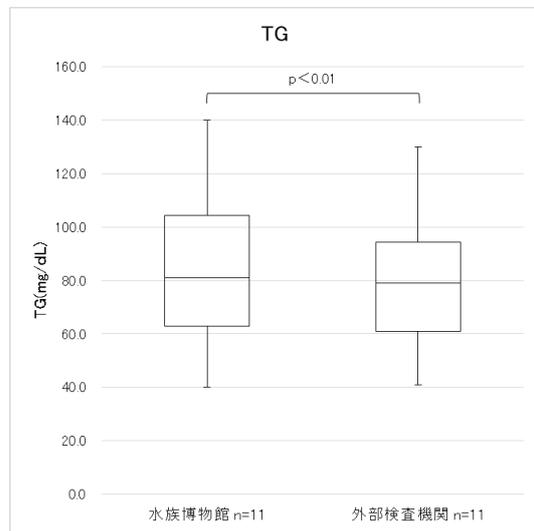
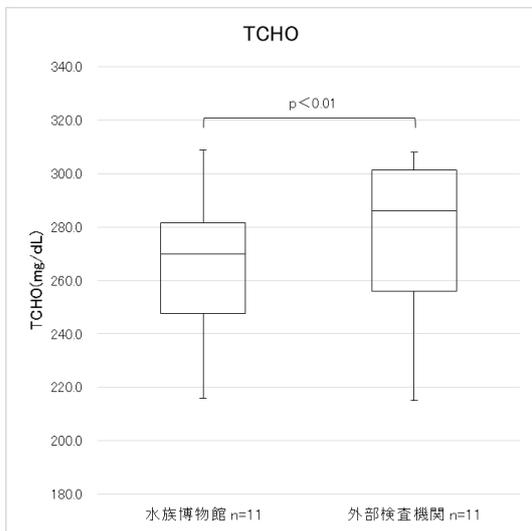
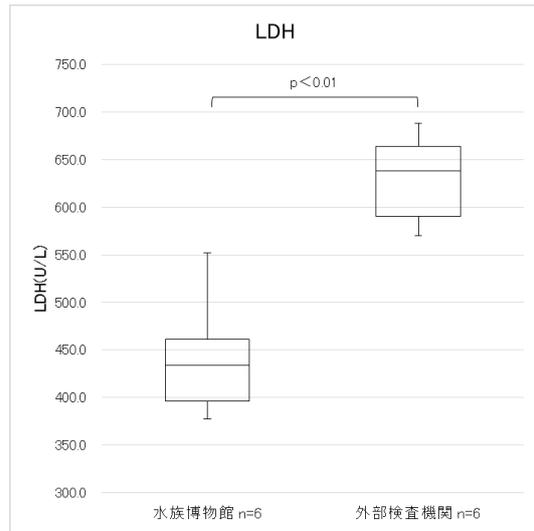
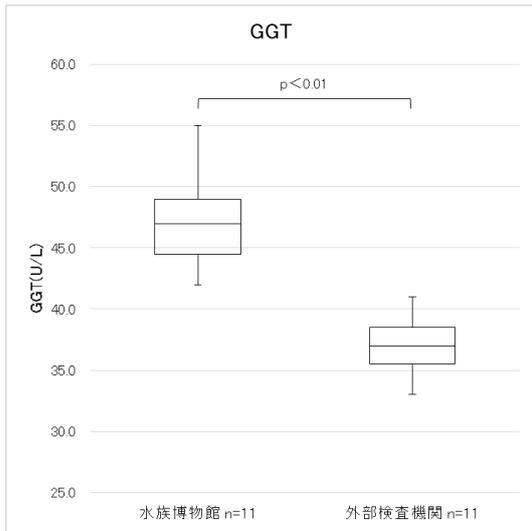
[表Ⅷ-3] メイビスの血液検査のうち有意差を認めた検査項目及び結果

検査項目	上越市立水族博物館				外部検査機関			
	範 囲	平 均	中央値	標準偏差	範 囲	平 均	中央値	標準偏差
MCV (fL)	118.6～125.3	122.32	122.40	2.03	116.0～128.1	120.32	120.40	3.14
MCH (pg)	43.8～ 47.1	45.23	45.05	1.15	41.8～ 43.9	43.11	43.20	0.63
MCHC (%)	35.4～ 39.7	37.00	36.65	1.29	33.8～ 37.3	35.84	35.95	0.87
WBC ($10^3/\mu\text{L}$)	45.8～ 69.1	53.90	54.30	6.28	42.0～ 66.0	51.70	52.00	6.21
Neu (%)	48.1～ 68.7	59.89	60.45	5.82	59.0～ 79.0	66.74	65.25	6.34
Lympho (%)	17.6～ 27.9	22.30	22.05	3.44	8.0～ 28.0	17.25	17.65	6.04
Eosino (%)	11.0～ 28.0	16.70	15.00	5.10	8.0～ 14.0	10.95	10.90	1.83
Cl (mEq/dL)	117.0～123.0	120.33	120.50	1.97	114.0～122.0	117.83	118.00	2.48
Ca (mg/dL)	9.5～ 10.1	9.80	9.80	0.25	8.3～ 9.9	9.18	9.20	0.54
BUN (mg/dL)	47.7～ 59.0	51.71	50.09	3.40	50.5～ 73.4	60.04	60.90	6.51
CRE (mg/dL)	0.84～ 1.15	1.005	1.010	0.101	0.94～ 1.30	1.114	1.130	0.120
GOT (U/L)	177.0～226.0	206.64	208.00	16.17	180.4～250.0	213.27	214.00	18.13
GGT (U/L)	42.0～ 55.0	47.09	47.00	3.53	33.0～ 41.0	37.00	37.00	2.49
LDH (U/L)	377.0～552.0	441.83	434.00	58.26	570.0～688.0	630.17	638.00	43.83
TCHO (mg/dL)	216.0～309.0	262.82	270.00	27.44	215.0～308.0	275.09	286.00	31.49
TG (mg/dL)	40.0～140.0	85.64	81.00	29.93	41.0～130.0	78.91	79.00	25.26
GLU (mg/dL)	78.0～116.0	93.00	92.00	11.58	50.0～100.0	68.09	64.00	13.87

[図VIII-1] メイビスの血液検査のうち有意差を認めた検査結果の分布



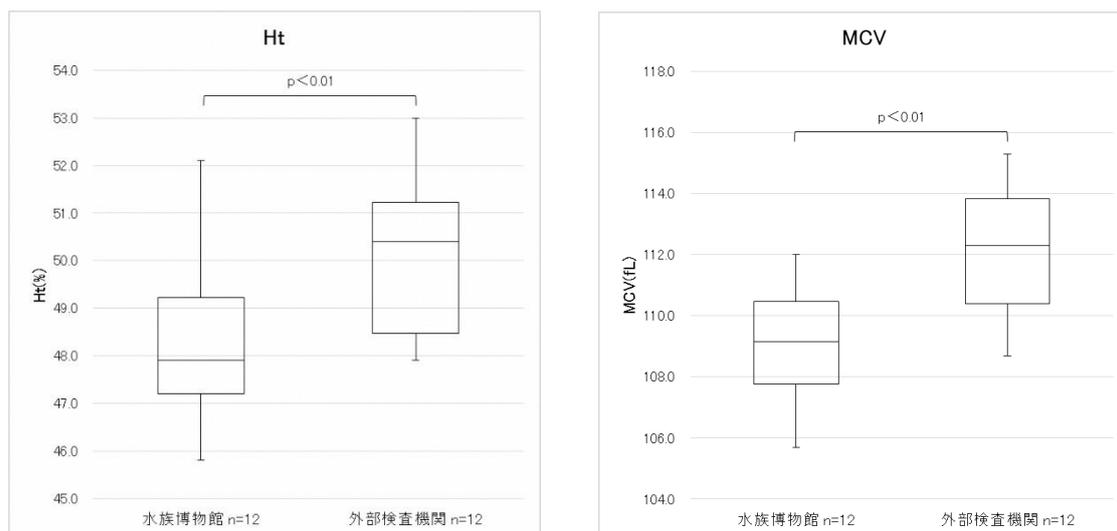


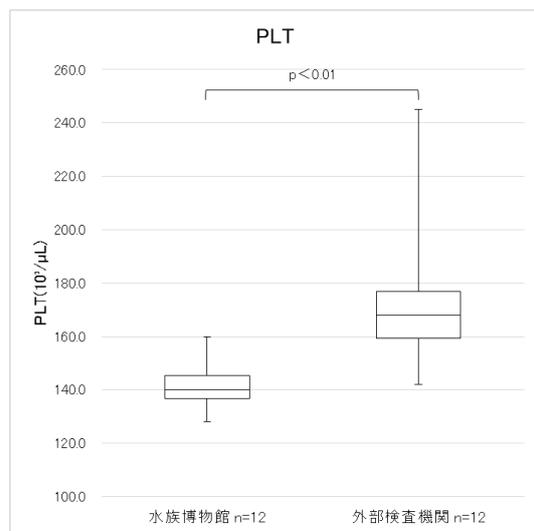
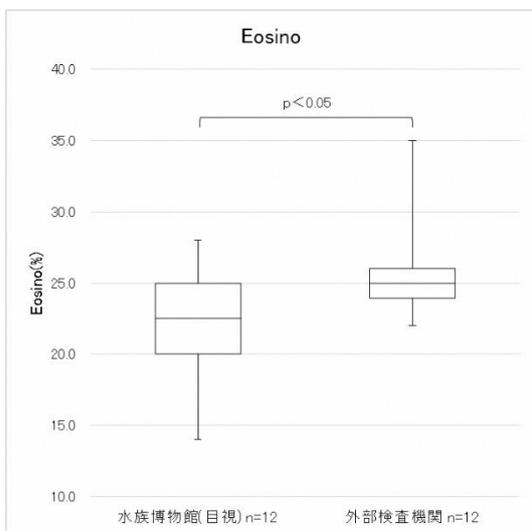
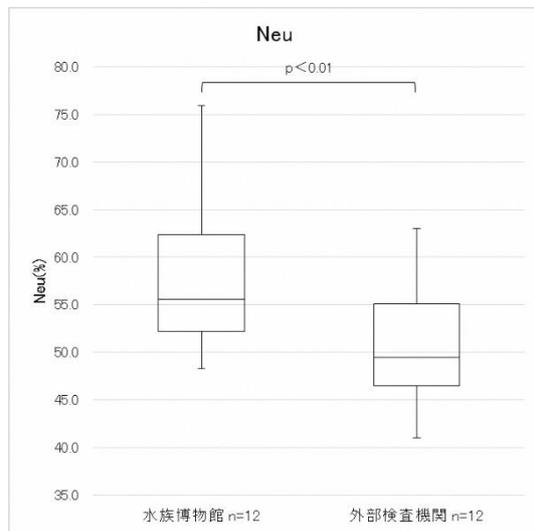
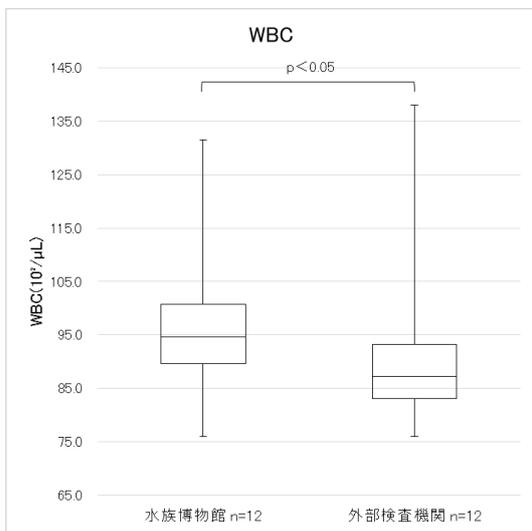
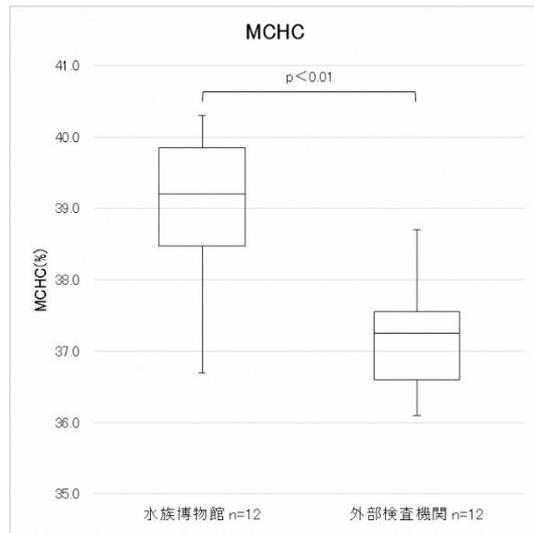
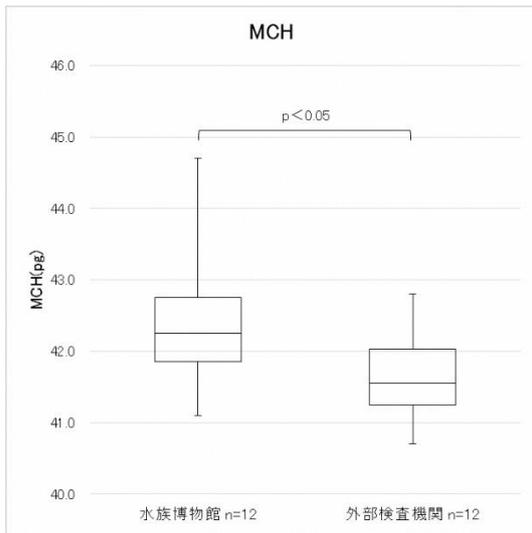


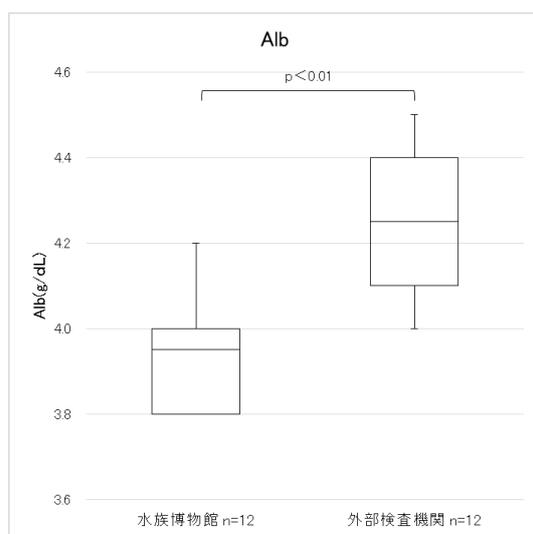
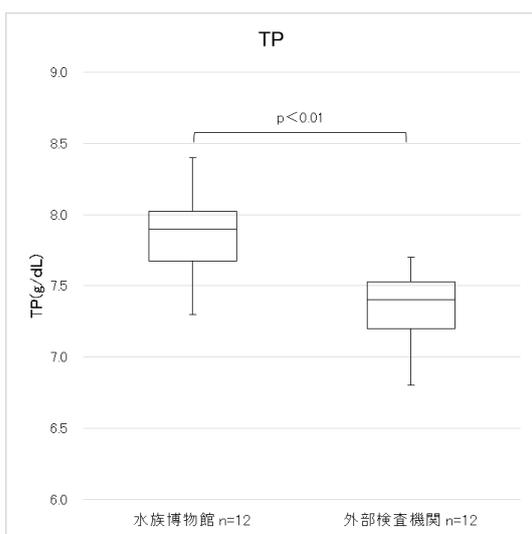
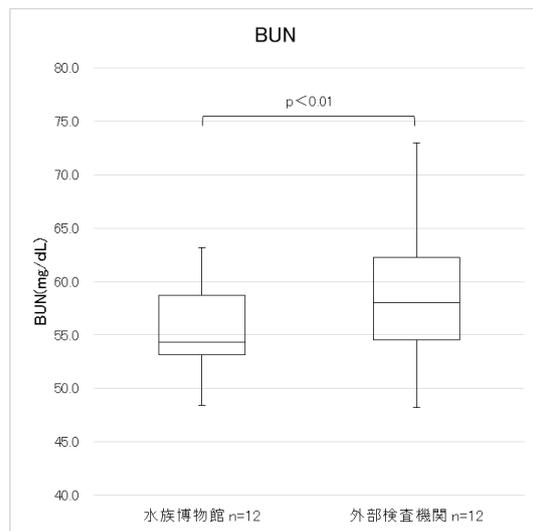
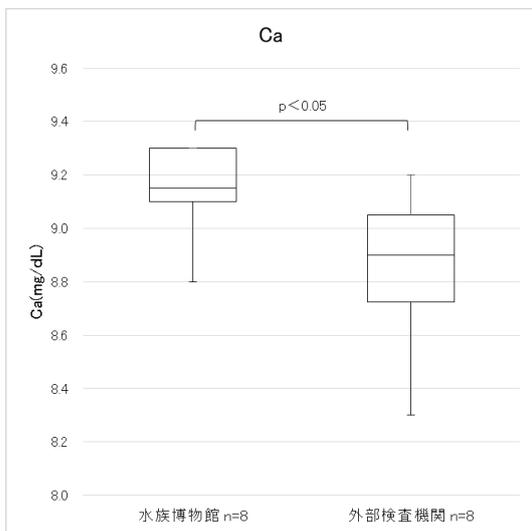
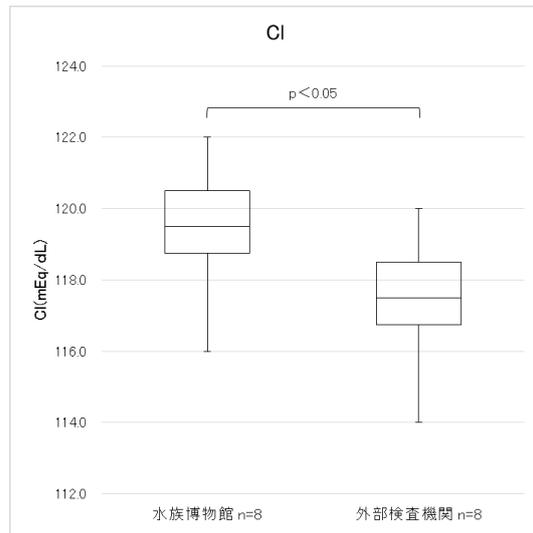
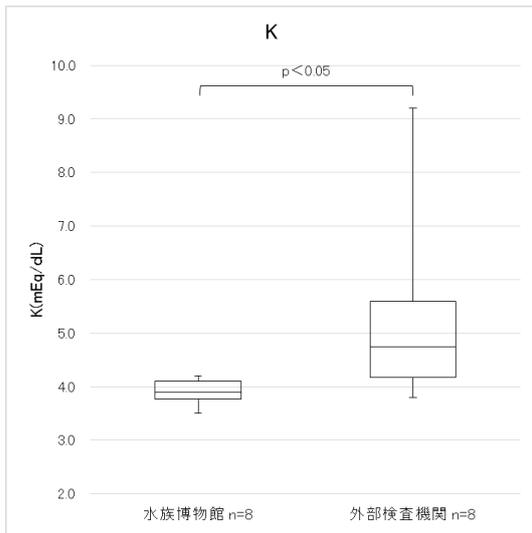
[表Ⅷ-4] アーチの血液検査のうち有意差を認めた検査項目及び結果

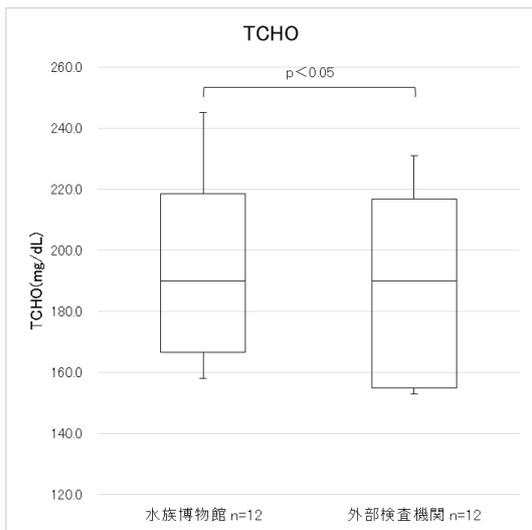
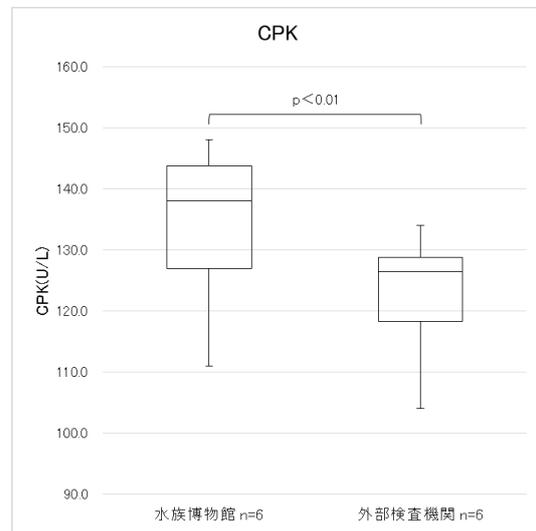
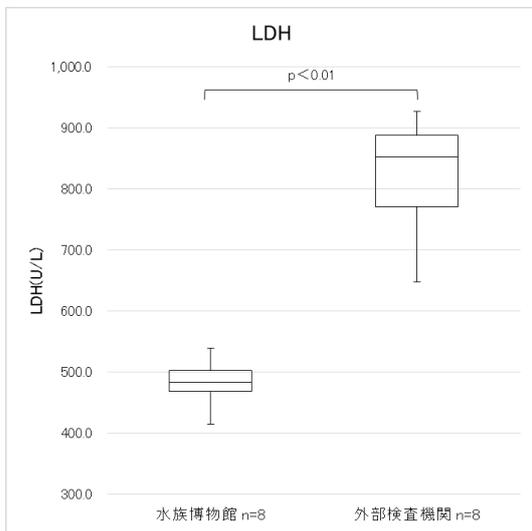
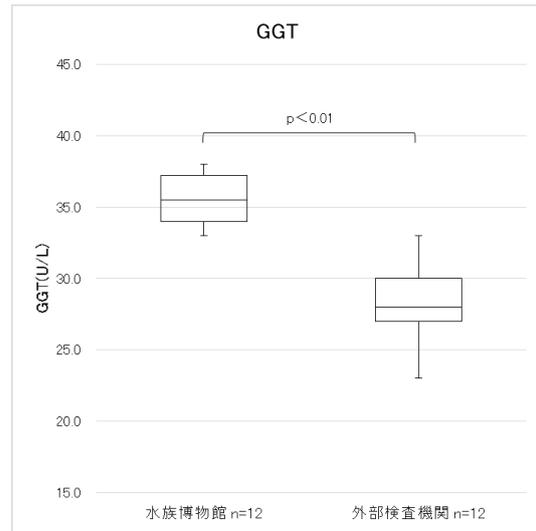
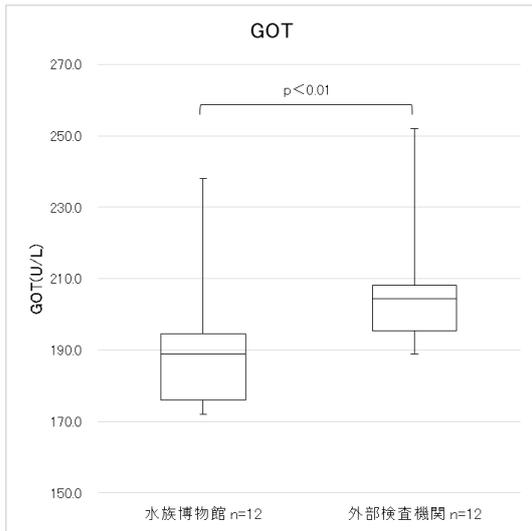
検査項目	上越市立水族博物館				外部検査機関			
	範囲	平均	中央値	標準偏差	範囲	平均	中央値	標準偏差
Ht (%)	45.8～52.1	48.23	47.90	1.72	47.9～53.0	50.08	50.40	1.50
MCV (fL)	105.7～112.0	108.99	109.15	1.98	108.7～115.3	112.11	112.30	2.28
MCH (pg)	41.1～44.7	42.48	42.25	1.02	40.7～42.8	41.66	41.55	0.59
MCHC (%)	36.7～40.3	38.98	39.20	1.12	36.1～38.7	37.17	37.25	0.72
WBC (10 ³ /μL)	76.0～131.5	97.61	94.65	14.28	76.0～138.0	93.54	87.25	17.06
Neu (%)	48.3～75.9	59.18	55.60	8.90	41.0～63.0	50.87	49.50	6.37
Eosino (%)	14.0～28.0	22.42	22.50	3.77	22.0～35.0	25.97	25.00	3.85
PLT (K/μL)	128.0～160.0	141.58	140.00	7.69	142.0～245.0	171.83	168.00	25.34
K (mEq/dL)	3.5～4.2	3.90	3.90	0.22	3.8～9.2	5.40	4.75	1.77
Cl (mEq/dL)	116.0～122.0	119.50	119.50	1.87	114.0～120.0	117.50	117.50	1.87
Ca (mg/dL)	8.8～9.3	9.15	9.15	0.16	8.3～9.2	8.85	8.90	0.30
BUN (mg/dL)	48.4～63.2	55.48	54.30	4.38	48.2～73.0	59.36	58.00	7.02
TP (g/dL)	7.3～8.4	7.86	7.90	0.30	6.8～7.7	7.35	7.40	0.26
Alb (g/dL)	3.8～4.2	3.94	3.95	0.13	4.0～4.5	4.26	4.25	0.16
GOT (U/L)	172.0～238.0	189.83	189.00	17.13	189.0～252.0	206.08	204.50	15.97
GGT (U/L)	33.0～38.0	35.67	35.50	1.84	23.0～33.0	28.25	28.00	2.49
LDH (U/L)	415.0～539.0	481.63	483.00	34.81	648.0～926.0	820.13	852.50	93.72
CPK (U/L)	111.0～148.0	134.00	138.00	12.82	104.0～134.0	122.67	126.50	9.96
TCHO (mg/dL)	158.0～245.0	193.33	190.00	27.24	153.0～231.0	188.42	190.00	28.93

[図Ⅷ-2] アーチの血液検査のうち有意差を認めた検査結果の分布









Ⅸ その他の取組

- 1 飼育設備の振動音対策について（提言 3 関係）
 - 振動音対策について、鯨類飼育を行っている複数の園館に対し、施設の視察やヒアリングを実施したが、水族博物館の対策が劣っているという状況は認められなかった。
 - 検証委員会で行った振動音の測定結果を基に、鯨類の音響生物学の専門家である三重大学の森阪匡通教授に意見を求めたが、検証委員会で行った測定結果のみでは、水族博物館における振動音対策の是非を論じるのは困難であるとの見解であった。
 - 一方で、プール内にポンプの振動音は伝わっているが、個体の聴覚損傷が生じるというレベルではないと考えるとの見解を得た。
- 2 悪天候時等の緊急避難について（提言 8 関係）
 - 検証委員会の提言を踏まえた取組の結果から、冬期の悪天候については、防風措置、個体の体づくりにより、対応が可能であると考えている。
 - また、緊急移送が必要な事態が生じた場合には、指定管理者である(株)横浜八景島のグループ園館と連携し、状況にあわせ適切に対応するよう準備している。
- 3 潜在的ストレス要因の低減について（提言 9 関係）
 - 検証結果を踏まえ、飼育環境の管理、衛生管理、健康状態の管理、動物福祉、死亡時の対応について整理した、指定管理者である(株)横浜八景島の鯨類飼育ガイドラインにより、飼育管理の向上を図っている。
- 4 検死体制の充実について（提言 12 関係）
 - 獣医師の知識や技術の更なる向上に努めるとともに、検査の内容に応じて、適切な機関による検査が行えるよう体制を整えている。
- 5 死亡診断書の様式統一について（提言 13 関係）
 - 獣医師の違いによる個人差を無くし、結果を明確にするために、新たに死亡診断書の統一書式（Ⅻ 付録）を作成し、運用している。
- 6 他園館、研究機関との情報共有、研究について（提言 14 関係）
 - 指定管理者である(株)横浜八景島のグループ園館内における研究発表会、(公社)日本動物園水族館協会や(一社)日本水族館協会などが主催する飼育に係る会議や研究会などへの参加（表Ⅸ-1）を通して、情報収集や情報共有を行っている。
 - また、外部機関との共同研究に参画（表Ⅸ-2）し、疾病に関する新たな知見を得ている。

[表Ⅸ-1] 外部団体主催の会議・研究会・研修会参加実績

年 度	開催月日	会議・研究会・研修会
令和 3 年度	11 月 11 日	(公社)日本動物園水族館協会（以下「JAZA」という。）第 22 回種保存会議
	11 月 17 日	JAZA 第 31 回日本動物園水族館設備会議
	11 月 18 日	(一社)日本水族館協会（以下「JAA」という。）第 2 回トレーニングセミナー
	11 月 25 日	JAZA 第 47 回海獣技術者研究会

令和3年度	11月 26日	JAZA 令和3年度関東東北・北海道ブロック水族館飼育技術者研究会
	2月 24日	JAZA 第66回水族館技術者研究会
	3月 10日	JAZA 令和3年度 関東東北・北海道ブロック水族館研修会
	3月 15日	JAA 第2回水族館研究会
令和4年度	10月 19日	JAZA 第32回日本動物園水族館設備会議（10月20日まで）
	11月 9日	JAA 第3回トレーニングセミナー（11月10日まで）
	12月 7日	JAZA 令和4年度関東東北・北海道ブロック水族館飼育技術者研究会
	12月 14日	JAZA 第48回海獣技術者研究会
	3月 13日	JAA 第3回水族館研究会（3月14日まで）
令和5年度	10月 3日	JAZA 令和4年度関東東北・北海道ブロック動物園水族館合同技術者研究会（10月4日まで）
	10月 11日	JAZA 第23回種保存会議（10月12日まで）
	11月 7日	日本飼育技術学会 第3回飼育技術学会トレーニング・保定分会（11月8日まで）
	11月 9日	JAA 第4回トレーニングセミナー
	11月 16日	JAZA 第68回水族館技術者研究会（11月17日まで）
	11月 29日	JAZA 第33回日本動物園水族館設備会議（11月30日まで）
	12月 6日	JAZA 第49回海獣技術者研究会（12月7日まで）

[表IX-2] 鯨類に係る外部機関等との共同研究実績

共同研究機関	共同研究内容	期 間
日本大学生物資源科学部 獣医衛生学研究室	イルカ血漿中の microRNA のバイオマーカーとしての有用性の検討	令和3年6月～令和5年3月
麻布大学獣医学部衛生学 第一研究室	鯨類の <i>Clostridium</i> 感染症に対する微酸性電解水の効果に係る研究	令和3年11月1日～令和5年10月31日

7 鯨類の補充時の対応について（提言15関係）

- 検証委員会の提言を踏まえた取組を進める中で、上越市立水族博物館の施設的な特性や気象条件下において、鯨類を健全に飼育するために必要な知見を深めるとともに、飼育管理技術の向上を図っており、新たに個体を搬入する際には、それらに基づく適切な対応が可能な状況にある。

8 シロイルカの飼育について（提言16関係）

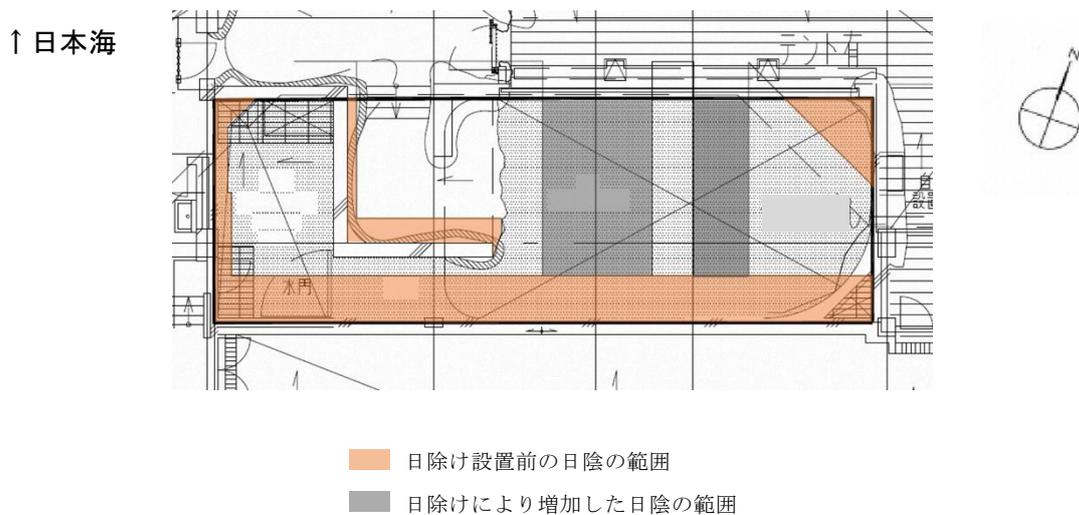
- 指定管理者である(株)横浜八景島が、横浜・八景島シーパラダイスにおいて、他園館との協力のもと、シロイルカの繁殖に取り組んでおり、その取組を通して他園館との技術交流を図っている。
- 日射対策として、令和3年10月、シロイルカを飼育していたふれんどプール上の大庇の開口部に、2列の可動式の日除け（幅3.0m×長さ7.2m、幅1.5m×長さ7.2m）を設置した（図IX-1）。

[図IX-1] ふれんどプールの日除けの設置状況



- 日除け設置前は、夏至の太陽南中時に生じる日陰の面積がプール及び陸上部の面積の約29%であったのに対し、日除け設置後は、日除けを最大限に展開した場合、プール及び陸上部の面積の約48%に拡大しており、イルカプールと同様に日除けの設置により日陰の範囲が広がる（図IX-2）とともに、状況に応じて任意に日陰を生じさせることが可能になった。

[図IX-2] 夏至の太陽南中時におけるふれんどプールの日陰の状況



- 現在、ふれんどプールではゴマフアザラシを飼育しており、同種は生態的に陸上部に上陸し日光浴を行うため、日除けの運用機会が少ないことから、日陰と日向の気温の比較は行っていないが、イルカプールの事例により日除けの効果は明らかである。
- 9 （公社）日本動物園水族館協会や（一社）日本水族館協会に対する検証結果のフィードバックについて（提言17関係）
- 令和3年2月に、検証委員会による「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」を上越市ホームページに掲載し、（公社）日本動物園水族館協会や（一社）日本水族館協会にとどまらず、広く情報提供を行った。
 - また、個別に他の園館を訪問し、鯨類の飼育展示について、施設の視察やヒアリング、情報交換を行った。

X まとめ

鯨類を健全に飼育するため、令和3年度からこれまでの間、検証委員会から示された17項目の提言を踏まえながら、施設の整備や飼育管理体制の充実に取り組むとともに、取組の効果の検証や他園館との情報交換などを実施してきた。

検証委員会の検証結果において、鯨類4頭の死亡につながったと考えられる要因が個体によって異なることが示されているように、鯨類の健康は様々な条件の下に成り立っている。取組を進める中、その効果の検証や他園館との情報交換などを通し、飼育を適切に行うためには、個々の取組を確実に行うことはもとより、複数の取組を複合的に実施することが重要であると考えている。

また、水族館大国とも言われる日本には、鯨類を飼育展示している園館が全国各地にあるが、園館ごとに立地や施設の構造が異なり、気象条件や施設の特性にあわせた飼育管理が行われている。他園館の事例を参考にしながらも、上越市立水族博物館に適した飼育管理の手法を探求することも重要である。

検証委員会の提言を踏まえた取組を進めてきたことで、鯨類を健全に飼育するために必要な環境や体制が整い、現在、水族博物館において飼育展示を行っているバンドウイルカ2頭については、良好な健康状態を保っている。一方で、今後の調査や検討を要する事項もあることから、これまでの結果を踏まえながら取組を継続するとともに、更なる知見の獲得や技術の向上を図り、より健全かつ持続的な飼育展示に努めていく。

XI 文献

気象庁 (1998). 表 4-1 気象庁風力階級表. 気象観測の手引き, 21.

上越市立水族博物館鯨類飼育環境検証委員会 (2021). 今後の鯨類飼育等に関する提言. 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, 58-59

上越市. 公共用水域の水質等監視情報 (令和3, 4, 5年度), 新潟県上越市ホームページ.

<https://www.city.joetsu.niigata.jp/soshiki/kankyo/kanshi-jyoho.html>

上越市. 上越市の環境 (令和4, 5年度), 新潟県上越市ホームページ.

<https://www.city.joetsu.niigata.jp/soshiki/kankyo/environment-joetsu.html>

新潟県. 異常水質事案情報 (令和3, 4, 5年度), 新潟県ホームページ.

<https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/kankyotaisaku/1322600525694.html>

新潟県. 公共用水域の水質測定結果 (令和3, 4, 5年度), 新潟県ホームページ.

<https://www.pref.niigata.lg.jp/site/opendata/1254822231356.html>

新潟県. 令和3年度公共用水域及び地下水の水質測定結果, 新潟県ホームページ.

<https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/kankyotaisaku/r3-koukyou-water-result.html>

Atkinson, S. and Dierauf, L. A. (2018). Stress and Marine Mammals. CRC Handbook of Marine Mammal Medicine Third Edition, 153-163. Gulland, Frances. M. D., Dierauf, Leslie. A. and Whitman, Karyl. L. eds., CRC Press, Boca Raton, Florida.

Gulland, F. M. D., Dierauf, L. A. and Whitman, K. L. eds. (2018). Appendix 1 Normal Hematology and Serum Chemistry Ranges. CRC Handbook of Marine Mammal Medicine Third Edition, 1003. CRC Press, Boca Raton, Florida.

上越市立水族博物館における
鯨類飼育環境の検証結果を踏まえた取組に係る報告書

令和7年2月
上越市教育委員会

担当 上越市教育委員会 教育総務課
〒942-8563 新潟県上越市下門前 1770 番地
TEL 025-545-9252
FAX 025-545-9272