

飼育下のキリン (*Giraffa camelopardalis reticulata*) に対する

環境エンリッチメントに関する行動学的研究

-特に採食エンリッチメントに焦点を当てて-

Behavioral Studies on Environmental Enrichment
in Captive Giraffes (*Giraffa camelopardalis reticulata*)

-Focusing on foraging enrichment-

2023年9月

岡部 光太

目次

要約	1
緒論	12
第1章 年間を通じた樹木の給餌と飼育下キリンの口腔行動の関係	
1.1 緒言	16
1.2 材料および方法	17
1.3 結果	22
1.4 考察	25
第2章 温湿度指数の変化がキリンの活動性に与える影響	
2.1 緒言	28
2.2 材料および方法	30
2.3 結果	35
2.4 考察	41
第3章 景観樹の落葉がキリンの口腔行動に与える影響	
3.1 緒言	43
3.2 材料および方法	45
3.3 結果	48
3.4 考察	50
第4章 キリンの採食エンリッチメントにおける非葉部位の採食評価	
4.1 緒言	52
4.2 材料および方法	54
4.3 結果	57
4.4 考察	61
第5章 寒冷環境における飲料温水の提供がキリンの行動に与える影響	

5.1 緒言	・ ・ ・ ・ ・ 64
5.2 材料および方法	・ ・ ・ ・ ・ 66
5.3 結果	・ ・ ・ ・ ・ 71
5.4 考察	・ ・ ・ ・ ・ 74
第6章 総合考察および結論	・ ・ ・ ・ ・ 76
謝辞	・ ・ ・ ・ ・ 83
引用文献	・ ・ ・ ・ ・ 84

This is the peer reviewed version of the following article: Okabe, K., Fukuizumi, H., Kawamura, A., Kase, C., Uetake, K : An investigation of browsing enrichment, especially non - leaf foraging, on giraffes (*Giraffa camelopardalis reticulata*) at Kyoto City Zoo in Japan. *Zoo Biology*, 42(1): 157-161. 2022, which has been published in final form at DOI:10.1002/zoo.21726. This article may be used for non-commercial purposes in accordance with Wiley Terms and Conditions for Use of Self-Archived Versions. This article may not be enhanced, enriched or otherwise transformed into a derivative work, without express permission from Wiley or by statutory rights under applicable legislation. Copyright notices must not be removed, obscured or modified. The article must be linked to Wiley's version of record on Wiley Online Library and any embedding, framing or otherwise making available the article or pages thereof by third parties from platforms, services and websites other than Wiley Online Library must be prohibited.

要約

キリンは保全および教育を目的に世界中の動物園で飼育されている。世界動物園水族館協会（WAZA）は、動物福祉の向上は推奨される活動であり、会員となる動物園水族館は環境保全機関としての目標を掲げる中で、高い福祉水準を達成する責任があるとする。キリンの飼育環境の向上はこれまで複数の先行研究が行われてきた。特に、非食物を舐める行動を始めとする口腔行動（Oral stereotypy/behavior）は、飼育下のキリンで発現頻度の高い問題行動であり、それを減らすための取り組み「環境エンリッチメント」が動物園技術者の手によって行われている。主たる戦略は、種本来の行動を促すことで、その発現を是正する方策がとられている。例えば、舌を動かす行動や反芻行動を促すことで、舐める行動などが減少することが明らかとなっている。一方で、アメリカやヨーロッパのキリン飼育マニュアルでは、本来のキリンの食物である、樹木の給餌（樹木採食エンリッチメント）も推奨されている。しかし、特に冬季は落葉に伴い、樹木の入手が困難となるため、乾草などの代替品の給餌が行われる。そこで、まず常緑樹を他の季節と同様に、冬季に給餌した場合に、キリンの口腔行動に変化が出るのかを調査した。

冬季の樹木採食エンリッチメントの効果を調査するに当たり、観察対象としたのは京都市動物園の展示施設「アフリカの草原」で飼育されるキリン3頭である。いずれのキリンも非血縁であり、京都市動物園の飼育環境に順応していた。樹木採食エンリッチメントには8種類の樹木を与え、季節ごとに与えられる樹木は異なった。4つの季節ごとに5日間ずつ観察を行い、各日2時間3セッションの記録を行った。行動観察手法は、個体追跡サンプリングの基、3分間隔の瞬間サンプリングを用いた。また、口腔行動については1分間隔の1/0サンプリングを用いて記録を行った。観察の結果、冬季に採食行動に有意な減少は見られなかった。同様に樹木の給餌量と採食量に有意な差は見られなかった。しか

し、口腔行動の発現頻度は冬季に有意に増加する結果となった。つまり、冬季における口腔行動の増加は、樹木の給餌量以外の要因である可能性が考えられた。

この事象を詳細に検証するため、再度観察を同施設で行った。まず、対象としたのは周辺の環境温度とキリンの行動変化である。キリンは反芻動物である。反芻活動は体内に熱を発生させる活動であるため、同じく反芻動物であるウシでは、特に暑熱環境において活動性が減少すると報告がある。キリンの樹木採食エンリッチメントを実施する中で、それらを配慮する必要はないだろうか。そこで、第2章では周辺の環境温度とキリンの採食行動への影響を調査した。周辺の環境温度の指標として採用したのは、温湿度指数：

Temperature-Humidity Index (THI) である。この指標は相対温度と相対湿度から算出されるもので、夏は高くなり、冬は低下する数値である。ウシを対象とした先行研究では、50以下で幼獣の疾病率の上昇、70以上で活動性や乳生産量が減少することが報告されている。本研究ではまず、行動を「活動」と「非活動」の2種類に大別した上で、THIとの相関関係を調査し、さらに $THI < 60$ 、 $60 \leq THI < 80$ 、 $THI \geq 80$ の3つの基準で行動発現割合の比較を試みた。観察期間は、THI 上昇期と下降期の2つの期間に分け、22日間ずつ行った。観察場所は、第1章と同様であったが、観察個体は搬出入により1個体に変更された。観察の結果、全てのキリンが THI の上昇とともに活動の行動が減少し、非活動の行動が増加する結果となった。一方で、THI の低下と共に、採食行動が負の相関を示すものが見られた。温湿度指数区分ごとで行動を比較すると、一部のキリンでは THI が 80 を超えると、採食行動が有意に減少した。つまり、飼育下のキリンは暑熱により活動が影響を受けている可能性が考えられ、暑熱環境での樹木採食エンリッチメントはあまり効果的でない可能性が考えられた。THI が 60 を下回ると、口腔行動が有意に増加する個体が存在した。特に THI が 60 以下の状況では、すでに景観樹は落葉しており、飼料内容の変化が口腔行動に影響を与えている可能性が考えられた。

続く第3章では、第2章と同施設および同観察個体を用いて、景観樹の落葉と口腔行動の変化について調査を行った。動物園は教育施設であり、保全教育を目的に自然を模した展示環境を設定することがある。これらの植栽の存在は飼育する動物の行動に影響を与えるはずだが、先行研究では着目されていない。そこで、キリンとその周辺に植えられた景観樹の影響を調査するため、落葉前後で12日間ずつの観察を行った。1分間隔の瞬間サンプリングによる行動記録と共に、1分間隔による1-0サンプリングにより樹木の採食行動と口腔行動を記録した。その結果、3頭中2頭で落葉以降では景観樹の採食行動が有意に減少し、また口腔行動のうち木かじり行動が景観樹の採食行動と有意に負の相関関係を示した。この変化と同様に、乾草などのその他の餌の採食行動が増加する結果となった。つまり、景観樹の存在はキリンの採食行動を担う一端となっており、口腔行動を是正している可能性が考えられた。一方で、舐める行動は景観樹の採食行動とは相関関係は観察されず、別の要因が影響している可能性が考えられた。

そして、第4章では第3章で着目した景観樹の変化に伴う、樹木給餌における非葉部位の採食価値の評価を行った。環境エンリッチメントの実施に当たり、種本来の行動発現を促すことは、重要な目的の一つであり、野生のキリンは樹皮も採食することが明らかとなっている。キリンの採食において、樹葉の採食が着目されることが多いが、種本来の行動発現を促す点では、小枝や樹皮の採食利用価値を評価することが、特に葉の無い時期の、種本来の行動発現を促す際に重要と考えられる。そこで、飼育下のキリンにおける採食行動の詳細な観察を行った。樹木の採食行動を景観樹と給餌樹木の2種類に分け、さらに給餌樹木の採食部位を葉・小枝・樹皮の3種類に分類し、樹種も同時に記録した。また、行動の瞬間サンプリング間隔も1分間隔に変更し、口腔行動に合わせて樹木の採食行動も同時に1分間隔で記録を行った。観察期間は、落葉前(5-8月)と落葉後(10-2月)に分割し、それぞれ17日間ずつの観察を行った。観察の結果、全体の採食行動には有意な変化は見られなかった。しかし、落葉後は景観樹の採食行動が有意に減少していることが明らか

かとなった。一方で、乾草などの代替餌の採食行動が有意に増加し、また給餌された樹木の小枝や樹皮の採食頻度も有意に増加する結果となった。つまり、小枝や樹皮に、乾草などの代替餌と同等のキリンの採食行動を引き出す可能性が示された。また、樹皮の採食度合いには樹種間で差が見られた。つまり、キリンは樹皮に対し選好性を持つ可能性が考えられた。さらに、キリンが樹皮を採食する樹種の採食行動は増加する傾向にあった。つまり、キリンが選好性を持つ樹種を給餌することは、キリンの種本来の行動発現の促進に有効であり、冬季の採食環境の改善に有効であると考えられた。

これらの観察結果を通じて、特に冬季においてキリンへの寒冷によるストレスに何らかの方策が必要であると考えられた。ウシの先行研究では、冬季に温水を飲料水として供給することで胃内温度や体温の低下を防ぐことが知られている。そこで、第5章では第2章と同施設同個体を対象に、冬季に温水を設置し、その行動変化を調査した。コントロール期間と温水設置期間を交互に設定し、観察条件を調整した結果、コントロール期間、温水期間共に9日間を統計解析の対象とした。温水は約37°Cに調整し、9:00頃と13:00頃に温水を追加し、水温を調整した。また、最終的な残量と温水給与量から飲水量を算出した。飲水行動は1分間隔の1/0サンプリングを用いて記録し、同時に飲水場所も記録した。行動観察の結果、キリンには温水設置により、飲水回数の増加、冷水の飲水回数の減少、温水給与直後の時間帯の飲水行動の増加が見られた。飲水量は、放飼時間7時間において3頭合計で $69.16 \pm 9.54L$ であった。この飲水量は過去の先行研究よりも多い結果であった。つまり、キリンが温水に選好性を持つ可能性が考えられた。さらに、観察した個体の中には口腔行動のうち、舐める行動が有意に減少した個体もいた。つまり、温水を設置することで、冬季におけるキリンの飲水環境を改善することができ、また寒冷によるストレスを軽減することができたと考えられた。

本研究を通じて、キリンの口腔行動の要因の示唆と温水給与による寒冷ストレスの軽減効果を明らかにすることができた。ただし、本研究で対象とした個体数はいずれも3頭で

あり、キリン全体へ外挿することは難しいかもしれない。しかし、これらの知見はキリンの飼育環境の改善に寄与できる知見であり、今後継続的な研究により、飼育下のキリンの福祉の向上に貢献できると考えられる。

Summary

Giraffes are kept in zoos around the world for conservation and education. The World Association of Zoos and Aquariums (WAZA) encourages improving animal welfare and further states that WAZA member zoos and aquariums have a responsibility to achieve and maintain high welfare standards as environmental conservation organizations. Several studies have been conducted to improve the giraffe husbandry environment, and zoo technicians have been developing “environmental enrichment” to reduce behaviors such as oral behaviors and licking nonfood items which are common problem behaviors among captive giraffes. The main strategy of this environmental enrichment is the encouragement of species-specific behaviors. For example, it has been shown that encouraging tongue use and ruminating behavior reduces licking behavior.

Additionally, American and European giraffe husbandry manuals also recommend tree feeding (browsing enrichment), which replicates the giraffe's natural diet. However, especially in winter, it is difficult to obtain tree leaves, so hay and other alternative feeds are typically fed to giraffes. Therefore, this study examines whether giraffes' oral behavior would change if evergreens were fed to them in winter as in other seasons.

The effects of browsing enrichment on giraffe oral behavior were investigated at the Kyoto City Zoo's “Grasslands of Africa” exhibit facility. All participating giraffes were unrelated to each other and had adapted well to the captive environment of the Kyoto City Zoo. Browsing enrichment provided eight different types of trees for each season, and observations were conducted for 5 days in each of the four seasons, with three 2 h sessions recorded daily. Behavioral observation techniques were based on individual tracking sampling and instantaneous sampling at 3-min intervals. Oral behaviors were

also recorded using 1/0 sampling at 1-min intervals. Observations showed no significant decrease in foraging behavior during winter. Similarly, there was no significant difference in the amount of tree feeding and foraging. However, the frequency of oral behaviors revealed a significant increase in winter. In other words, the increase in giraffe oral behavior in winter may be unrelated to the number of trees fed to them.

To confirm the results of this observation in detail, another observation was conducted at the same facility. First, the focus was ambient temperature effects. Giraffes are ruminants and rumination is a heat-generating activity within the body. Cattle, which are also ruminants, have been reported to decrease their activity, especially in hot environments. This factor should be considered when implementing browsing enrichment for giraffes. Therefore, in Chapter 2, the effects of ambient temperature on giraffe foraging behavior and the effects of browsing enrichment are examined. The expression of oral behavior was employed as the effect of browsing enrichment and was recorded with 1/0 sampling at 1-min intervals. The Temperature Humidity Index (THI) was employed as a measure of ambient temperature. Previous studies on cows have reported increased juvenile animal disease rates at THI of <50 and decreased activity and milk production of >70 . In this study, behaviors were first classified into two broad categories, “active” and “inactive,” and their correlation with THI was examined. Next, a comparison of the incidence of behaviors using three criteria: $\text{THI} < 60$, $60 \leq \text{THI} < 80$, and $\text{THI} \geq 80$ was conducted. The location of observation was the same as in Chapter 1, but one observed individual was different. The observation period was divided into two periods, before and after defoliation, each lasting 22 days. Observations indicated that as THI increased among all giraffes, active behaviors

decreased and inactive behaviors increased. In some giraffes, foraging behavior was significantly reduced when THI exceeded 80. On the other hand, some giraffes showed a negative correlation of foraging behavior along with a decrease in THI. When comparing behavior by THI category, some giraffes showed a significant decrease in foraging behavior when THI exceeded 80. This indicates that captive giraffes may be affected in their activities by heat and browsing enrichment in hot environments may be less effective. In contrast, when THI fell to <60, some individuals showed a significant increase in oral behavior. In particular, landscape trees were already defoliated when THI was <60, and foraging on the leaves of landscape trees over the fence may have reduced the expression of oral behaviors.

In Chapter 3, we investigated the changes in the oral behavior of giraffes associated with the defoliation of landscape trees, using the same facility and same individuals observed. Zoos are educational facilities that set up exhibit environments mimicking nature, for conservation education. The plantings' presence are anticipated to affect animals behavior, but few studies have focused on this aspect. Therefore, to investigate the behavior of giraffes and influence of surrounding landscape trees on them, we conducted observations for 12 d, before and after defoliation. Additionally, we examined behavioral records by instantaneous sampling at 1-min intervals. We also recorded tree foraging and oral behaviors by 1–0 sampling at 1-minute intervals. The results showed that landscape tree foraging behavior significantly decreased after defoliation in two among the three animals monitored. Regarding oral behaviors, wood-biting behavior showed a significant negative correlation with landscape tree foraging. Similarly, the tendency to forage for other foods, such as hay, increased. In other words, landscape tree foraging was thought to be partly responsible for the giraffe's foraging behavior,

possibly correcting its oral behavior. However, licking behavior was not correlated with landscape tree foraging behavior, suggesting the influence of other factors.

Next, the foraging value of nonleaf parts in giraffe tree feeding was evaluated. One important goal of environmental enrichment is to encourage the expression of species-specific behaviors and wild giraffes have been observed foraging for tree bark. Although leaf foraging is often the focus of giraffe foraging, it is important to evaluate the value of using twigs and bark for foraging to encourage the expression of species-specific behaviors, especially during seasons when trees are leafless. Therefore, detailed observations of foraging behavior were made in captive giraffes. Three giraffes were also observed, but one of the individuals observed differed from the previous research. Tree foraging behavior was divided into two categories: landscape trees and feeding trees, and the foraging sites of feeding trees were further classified into three types (leaves, twigs, and bark). Tree species were recorded simultaneously. The instantaneous sampling interval for behavior was changed to 1 min, and oral behavior and tree foraging behavior were recorded simultaneously at 1-min intervals (1/0 sampling). The observation period was divided into pre deciduous (May–August) and post deciduous (October–February) periods of 17 days, respectively. No significant changes in the expression rate of foraging behavior were observed. However, there was a significant decrease in the foraging of landscape trees after defoliation. In contrast, foraging of alternative foods such as hay increased significantly, as well as the frequency of foraging tree twigs and bark. This indicates that twigs and bark may have the same foraging value for giraffes as alternative foods such as hay. The degree of bark foraging by giraffes also varied by tree species. This suggests that a preference for specific bark exists among these giraffes. Additionally, giraffe foraging behavior tended

to increase in trees which giraffes forage for bark. This suggests that providing giraffes with tree species suitable for bark-eating may be effective in promoting the development of species-specific behaviors in giraffes and improving their winter foraging environment.

These observations indicated that some measures should be taken to care for the giraffes, especially in winter. Previous studies in cattle have shown that providing warm drinking water in winter prevents a decrease in rumen temperature and body temperature. Therefore, in Chapter 6 the same facility was used as in Chapter 3, with warm water installed in the winter and behavioral changes examined in the same animals. Control and warm water installation periods were alternated and the warm water was maintained at approximately 37 °C. The water temperature was adjusted by adding warm water at 9:00 and 13:00 daily. The volume of drinking water for the giraffes was calculated from the final remaining volume and the warm water supply. Drinking behavior was recorded at 1-min intervals with 1/0 sampling, and the location of drinking was recorded simultaneously. Behavioral observations showed that the installation of warm water increased the number of times the giraffes drank water, decreased the number of times they drank cold water, and increased their drinking behavior immediately after the warm water was provided. The total amount of water consumed by the three giraffes during the 7 h exhibit was 69.16 ± 9.54 L. This amount of drinking water was greater than in previous studies. In other words, the results suggest that these giraffes preferred warm water. Furthermore, some of the individuals we observed showed a significant decrease in licking behavior among their oral behaviors. In other words, the installation of warm water improved the giraffes'

drinking environment in winter and reduced the stress caused by the cold temperatures.

This study determined the foraging value of no leafy tree parts for browsing enrichment, confirmed the existence of a preference for bark, and identified the influence of THI on giraffe activity, the effect of landscape tree foraging on the expression of species-specific behaviors, and a preference for warm water. However, as the population studied in this study consisted of only three individuals, it is difficult to extrapolate these findings to the entire species. However, these findings contribute to the improvement of the giraffe husbandry environment, and we hope that continued research will further contribute to improving the welfare of giraffes in captivity.

緒論

動物園を始め、多くの動物飼育施設では動物福祉への配慮が行われている。動物福祉の向上は、世界動物園水族館協会（WAZA）が推奨する活動であり、会員となる動物園水族館は環境保全機関としての目標を掲げる中で、高い福祉水準を達成する責任があるとする（Graaffら, 2015）。動物福祉の実現のために、動物園技術者が取り組んでいるのが環境エンリッチメントを始めとする飼育技術の開発である。環境エンリッチメントとは、言葉の通り「飼育環境を豊かにすること」であり、心理的・生理的ウェルビーイングの最適化に必要な環境刺激を特定・提供し、飼育の質を高めようとする動物飼育の原理とされている（Shepherdson, 1998）。環境エンリッチメントは以下の5つに分類される：「採食エンリッチメント（種本来の行動を引き出す方法で提供する、食物自身の多様性を増やすなど採食活動に関わるもの）」「感覚エンリッチメント（視覚、嗅覚、聴覚、触覚、味覚といった五感に関わるもの）」「社会エンリッチメント（群飼育、異種混合飼育など社会関係に関係するもの）」「物理エンリッチメント（三次元的な飼育環境の提供、遊具の設置など飼育環境に関係するもの）」「認知エンリッチメント（パズルフィーダーや食物を隠すなど動物の認知能力に関係するもの）」（Bloomsmit et al, 2001）。また、これらの実施は計画的に実施されており、SPIDERモデル（Setting Goals；目標設定、Planning：計画、Implementing：実施、Documenting：記録、Evaluating：評価、Readjusting：再調整を一連の流れで行い、繰り返しこの流れを循環し、最適な環境エンリッチメントの実施を目指す手法）という実施計画モデルが推奨されている（Mellen and Sevenich MacPhee, 2001）。

さて、このような背景から多くの動物園動物の飼育環境の向上が取り組まれてきており、キリン（*Giraffa camelopardalis*）も例外ではない。特にキリンで問題行動として取り上げられる特徴的な行動様式が「Oral behavior（口腔行動）」である。この口腔行動に

はいくつかの種類があり、Licking（舐める行動：人工物や自然物を含めた餌でないものを舐める行動）、Tongue playing（舌遊び：空中で舌を左右に振り回す行動）が先行研究では報告されている（Bashaw et al, 2001）。これらの行動は飼育下に特徴的とする報告もあり、飼育スペースや飼料の制限が影響を与えているとする（Veasey et al, 1996）。しかし、発生時期は限られるが、野生のキリンの行動観察でも柵を舐める行動が報告され（Innis, 1958）、また口腔行動に似た行動として骨食行動も観察されている（Langman, 1978）。つまり、野生でも起こる何らかの状況の変化が、飼育下で大きく発現している可能性が考えられる。反芻動物におけるこれらの口腔行動の発生要因としては、反芻胃内の環境の調整のために必要である唾液の産出が関わっていると考えられている（Baxter and Plowman, 2001; Mason and Latham, 2004）。さらに報告はまだ限られてはいるが、これらの採食エンリッチメントの実践以外にも、幼年期の生育環境（Siciliano-Martina and Martina, 2018）も口腔行動の発現に影響を与えたと考えられている。この先行研究では、本来の生息環境と異なる寒冷気候での飼育により、口腔行動の増加につながる可能性も示唆されている（Siciliano-Martina and Martina, 2018）。寒冷ストレスによる口腔行動の増加に対する具体的な対応策としては、温かい室内の開放もしくは室外に出さないといった提案はされている（Burgess, 2004; EAZA Giraffe EEP, 2006）が、実際に口腔行動が減少しているのかは定かではない。

さらに飼育下では、舌を用いた樹葉の採食頻度の低下のため、その結果口腔行動の増加が起こるとも考えられている。そのため、これらの口腔行動を減少させるためにいくつかの方策が飼育環境の改善に取り入れられている。例えば、キリンの種本来の行動である、舌を用いた行動の活性化である。舌を用いる行動は、野生下では樹葉採食に関わる行動である。特に冬は落葉に伴い、樹葉を食べる機会が減るため、口腔行動が増えることが懸念されている（Dagg, 2014）。この行動を引き出すために、例えば、Fernandezら（2008）は、舌を用いてフィーダー内の飼料を取り出させるフィーダーの開発を行い、口腔行動の

減少に取り組んでいる。また、Orban ら (2016) は、来園者の給餌体験プログラムを通じ、プログラム体験の多い個体の口腔行動が減少したと報告がある。このように、舌を用いた行動を促すことで口腔行動が減少することが示唆されている。また、反芻行動の増加も口腔行動の減少に有効であるとの報告もある。Baxter と Plowman (2001) は、提供する粗飼料の割合を増加させることで、反芻行動を増加させ、結果として口腔行動の減少につながったと報告している。また、Monson ら (2018) も同様に飼料中の乾草の割合を増加させることで、反芻を含めた摂餌行動が増加し、口腔行動が減少したとしている。このようにキリンの種本来の行動を増加させることで、問題となる行動が減少することが明らかとなっている。

ところで、キリンの種本来の採食行動の発現においてもっともシンプルな方法は、樹木を給餌すること（樹木採食エンリッチメント）である。この給餌方法は、アメリカ動物園水族館協会（Burgess, 2004）やヨーロッパ動物園水族館協会（EAZA Giraffe EEP, 2006）のキリンの飼育マニュアルでも推奨されている給餌方法である。しかしながら、実際のところ単純に樹木を与えることが、口腔行動の発現の低下につながっているのかは明らかとなっていない。そこでまず、第1章では、年間を通じた同量の樹木給餌と口腔行動の変化について調査を試みた。

第1章 年間を通じた樹木の給餌と飼育下キリンの口腔行動の関係

1.1 緒言

動物園の動物は、単調な環境下で見せる常同行動を防ぐために、飼育環境下で多様な刺激が必要となる (Mason and Latham, 2004)。一般に、常同行動を示す動物は福祉が低下していると考えられている。そこで、動物園の専門家や研究者は、動物にとってより快適な環境を作るため、環境エンリッチメントを実施している。この方法は、行動の多様性を高め、休息の質を向上させ、異常行動を減少させることを目的としている。キリンは、国際自然保護連合 (IUCN) による Red List において、個体数は減少傾向にあるとされており、Vulnerable に分類されている (Muller et al, 2018)。そのため、絶滅を防ぐために世界各地の動物園で飼育され、保全のための普及啓発活動が行われている。そもそもキリンはアフリカに生息する樹葉採食者であり、反芻動物である。主食とする食物はアカシア科の樹葉を主体としており、それ以外にも樹皮や草本類も採食することが報告されている (Lamprey, 1963; Ciofolo and Pendu, 2002; Parker and Bernard, 2005, Dagg, 2014)。また、1日10時間以上の採食と6時間以上の反芻に費やしているとされている (Pellew, 1984a; 1984b)。さらに樹葉だけでなく、樹皮や小さい二次枝の採食も行い (Berry, 1973; Dagg, 2014)、キリンは特に樹木採食に適応した生態をしている。そのため、動物園の飼料管理には特殊なものとなっている。動物園では、キリンは様々な種類の葉を豊富に消費しなければならないため、食欲の欲求を簡単に満たすことはできず、樹葉の代替に、マメ科の乾草やペレットなど、消費に時間がかからない餌を与えている (EAZA Giraffe EEP, 2006)。しかし、このような餌の与え方は、口腔行動の発現を上昇させる可能性がある。アメリカの動物園で行われた調査では、多くのキリンに常同行動が観察され (Bashaw et al, 2001)、給餌方法を始めとする多様な環境エンリッチメントが実施されている。しかしながら、特に冬期では、樹葉の入手が困難、種本来の行動発現の不足という大きな課題が

生じている (EAZA Giraffe EEP, 2006)。今回研究の対象とした動物園では、落葉樹と常緑樹を組み合わせることで、年間を通して樹葉を給餌しており、葉の少なくなる冬期を含め、種本来のキリンの採食行動を維持するように努めている。また、対象としたキリンでは以前より通年何らかの口腔行動が観察されていた。そこで本研究では、対象とした動物園での飼育管理の状況を踏まえてまず以下のような仮説を設定した。(1)飼育下のキリンに冬期に同程度の樹木を給餌すれば、口腔行動の発現頻度は他の季節と同等である、(2)キリンが採食した樹木の重量と、口腔行動の発現頻度に相関関係がある。これらの仮説の検証を目的に、採食エンリッチメントが季節変化に与える影響を観察した。

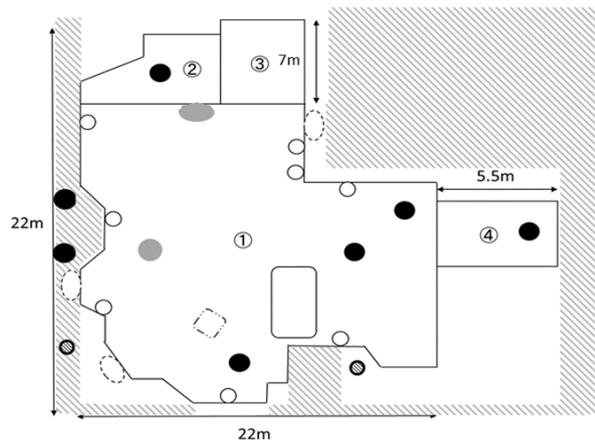
1.2 材料および方法

1.2.1 動物と飼育環境

京都市動物園（北緯 35 度 0 分 46.37 秒，東経 135 度 47 分 10.03 秒，標高 47.6m）で飼育されるキリン 3 頭を観察した（京都市動物園の所在地である京都市の気象データ（気象庁，2021）を表 1.1 に示す）。2013 年からキリンとグレビーシマウマ（*Equus grevyi*）を混合展示しており、フェンス（高さ 3m）と来園者用スペースで囲まれている（図 1.1）。グラウンドの北東には来園者の観察用通路があり、キリンと同じ高さで観察することができる。敷地内には木陰をつくる景観樹があり、柵で囲まれている。しかし、キリンはこれらの木の葉を、フェンスの隙間から舌で食べる事ができた。調査対象は、2 頭のメス（ミライ、メイ）と 1 頭のオス（ヨシダ）である（表 1.2）。ミライとヨシダは血縁関係があり、メイは非血縁である。なお、ヨシダは京都市動物園で生まれである。群はすでに安定しており、また野生のキリンの群構成(Wolf, Ngonga Ngomo, et al., 2018)と同様であったため、この 3 頭の群構成が常同行動に影響を与える可能性は低いと考えられた。キリンは毎日 9 時から 16 時頃まで屋外に展示され、夜間は室内に収容された。本研究で評価した給餌方法は、同動物園で約 10 年間実施され、すでに通常の動物管理に組み込まれており、3 頭のキリンともこの給餌管理に十分に順応していた。

表 1.1 京都市の気温、相対湿度、合計降水量の平年値（1991-2020 年）（気象庁，2021）

月	平均気温 (°C)	日最高気温 (°C)	日最低気温 (°C)	平均相対湿度 (%)	合計降水量 (mm)
1月	4.8	9.1	1.5	67	53.3
2月	5.4	10	1.6	65	65.1
3月	8.8	14.1	4.3	61	106.2
4月	14.4	20.1	9.2	59	117
5月	19.5	25.1	14.5	60	151.4
6月	23.3	28.1	19.2	66	199.7
7月	27.3	32	23.6	69	223.6
8月	28.5	33.7	24.7	66	153.8
9月	24.4	29.2	20.7	67	178.5
10月	18.4	23.4	14.4	68	143.2
11月	12.5	17.3	8.4	68	73.9
12月	7.2	11.6	3.5	68	57.3



- ①... 混合展示グラウンド
- ②... キリンサブグラウンド
- ③... キリン舎
- ④... シマウマサブグラウンド
- ... 給餌枝
- ◐... ヘイキューブ(キリン)
- ... ケヤキ
- ... シラカシ
- ... 乾草(キリン)
- ... 乾草(シマウマ)
- ... アキニレ
- ◻... 池
- ◻... 来園者通路



図 1.1 京都市動物園 観察場所と写真

(左: 乾草給餌場所 (キリン), 右上: ヘイキューブ給餌場所 (キリン))

表 1.2 観察個体の詳細

愛称	性別	誕生日	来園日	血縁関係
ミライ	F	2001/3/24	2005/10/24	ヨシダの母
メイ	F	2013/5/18	2014/11/10	—
ヨシダ	M	2016/8/26	—	ミライの繁殖子

表 1.3 観察期間の詳細

季節	観察期間	平均最高気温±SD (°C)	平均最低気温±SD (°C)
春	2017/5/9 - 2017/5/13	23.6±0.80	16.5±1.55
夏	2017/8/29 - 2017/9/2	29.2±1.94	24.6±2.06
秋	2017/10/17 - 2017/10/21	18.0±1.10	15.6±1.02
冬	2017/12/5 - 2017/12/9	9.6±0.49	4.9±1.36

1.2.2 実験手順

観察に当たって、冬期以外のどの時期が明確に「基準」となる時期なのかが不明であったため、年間を4シーズンに分けて観察を行った。2017年5月9日から12月9日まで、1シーズン5日間、キリンの観察を行った(表1.3)。全ての観察日は開園日であった。期間ごとに、キリンに与えた樹木の種類とその重量を記録した(表1.4)。本研究で利用した樹木は、シラカシ (*Quercus myrsinifolia*)、トウネズミモチ (*Ligustrum lucidum*)、サクラ (*Prunus yedoensis*)、アキニレ (*Ulmus parvifolia*)、ニセアカシア (*Robinia pseudoacacia*)、ヤマモモ (*Morella rubra*) である。餌となる樹木の種類は季節によって異なった。観察期間中、花を咲かせる樹木はなかったが、ニセアカシアは冬に葉がない状態で与えられていた。餌の重量は、キリンに与える前に、バネ秤で測定した。すべての樹木は、昼間のグラウンドでの給餌用と夜間の動物舎での給餌用に分けられた。給餌後に樹木の重量を再度測定し、1日に食べた樹木の重量を算出し、キリンが採食した樹木の餌の重量を推定した(観察初日を除く)。昼間のグラウンドでは、樹木の他にルーサン乾草(自由給餌)とヘイキューブ(アルファルファ: 制限給餌)を与えた。寝室内では、ルーサン乾草、ヘイキューブ、ペレット(Mazuri® Wild Herbivore Diet HiFiber, St.Louis, Missouri, USA)を制限給餌で与えた。しかしながら、ルーサン乾草は夜間に完全に食べつくすことはなかった。キリンの先行研究(Hatt et al, 2005)では、キリンが必要とするエネルギー量を全て枝で補おうとした場合に、1頭1日あたりに必要とする枝の量は9.2-34kgと推定されており、本研究で給餌する枝から食べる葉の量では到底足りるものではない。また、キリンにとって樹木は、非常に好んで採食される選好性の高い飼料であり、大量に樹木以外の飼料(乾草など)を与えても、樹木の採食量は変化しないことが明らかとなっている(Gusseck et al., 2018; Hatt et al., 2005)。それを踏まえ、自由採食の乾草および制限給餌のペレットとヘイキューブを与えつつ、可能な限り通年給餌が可能な量の樹木を与えるよう飼料設計を行っていた。飼料はグラウンドの数カ所に分散して置か

れ、特定のキリンが占有することはなかった。水は自由に池及び飲水バケツから飲むことができた。観察時間は 9:00-11:00, 11:30-13:30, 14:00-16:00 とした。口腔行動に影響を与える要因を探るため、採食行動を含め表 1.5 に示す行動も記録した。記録は、3 分間隔で全てのキリンを瞬間サンプリングで分析した。さらに、口腔行動は、1 分間隔の 1/0 サンプリング法により記録した。各行動の割合と口腔行動の頻度を 1 日ごとに算出した。1 日当たりの各行動の割合と口腔行動を算出し、各季節の平均割合と平均頻度とした。

本研究は、千葉科学大学の動物実験規定（観察者および共同研究者の所属先）に基づき実施され、また、京都市動物園でも実験の承認を受けた（G32-01-B）。

表 1.4 樹木の給餌量

季節	樹種 (kg)						給餌総重量 (kg)
	シラカシ	ニセアカシア	サクラ	ヤマモモ	アキニレ	トウネズミモチ	
春	17.6	20.6	21.4	21.3	-	12.0	92.9
夏	17.4	18.5	29.8	-	17.3	-	83
秋	19.1	18.8	23.2	-	11.1	20.9	93.1
冬	25.8	25.0	-	22.4	-	25.5	98.7

表 1.5 行動の定義

行動	定義
個体維持行動	
採食	食物の摂取及び飲水
休息	口腔行動や移動を行わず静止をする、特に佇立や伏臥位
反芻	反芻胃内容物を逆流させ、咀嚼し、再び飲み込む
移動	歩行、もしくは走行
口腔行動	繰り返し柵を舐める、舌を左右に空中で振る 長時間舌を口腔外に露出する
異常行動	
往復歩行	2地点を繰り返し歩行する
その他	リスト上にないその他の行動

1.2.3 統計解析

1 日当たりの行動発現割合、口腔行動頻度、採食した樹木の重量の変化を Steel-Dwass 解析により分析した。また、12 日間（夏～冬）の観察データから得られた口腔行動発現頻

度と採食樹木の重量との関連を評価するために、ピアソンの積率相関を用いた（なお、春はデータの消失により、評価が困難であった）。本来であれば、キリン1頭あたりが採食した樹木の重量と口腔行動の発現頻度を比較することが望ましかったが、キリン1頭あたりの採食樹木の重量は行動観察からでは測定困難であり、採食前後の樹木の重量変化から算出することしかできなかった。そのため、全キリンの口腔行動の平均発現頻度を1日ごとに合計し、全バウト数（360）で割り、スコア化したものを、1日あたりの採食した樹木の総重量と比較した。すべてのデータは平均値と95%信頼区間で表示した。

1.3 結果

季節を通して採食した樹木の重量に有意な変化は見られず、どの季節でも同程度の採食重量が観察された（表 1.6）。季節によって各樹種の採食割合は変化したが、各樹種での摂餌重量には有意な差は見られなかった。各キリンの 1 日あたりの行動発現割合の変化を表 1.7～1.9 に示す。全てのキリンの休息行動は、夏に増加した。ミライの採食行動は春と夏の間には有意な差があったが、他のキリンでは有意な変化は見られなかった。口腔行動はすべてのキリンで発現した。1 日あたりの口腔行動発現頻度を 1/0 サンプリングで調査したところ、全てのキリンで季節間に有意な差が認められた（図 1.2）。行動発現割合と同様に、冬に口腔行動の発現頻度は有意に増加した。口腔行動の発現頻度と採食した樹木の重量との間には、有意な相関は認められなかった（図 1.3）

表 1.6 京都市動物園における各樹種の摂餌合計重量と割合

	樹種						合計
	シラカシ	ニセアカシア	サクラ	ヤマモモ	アキニレ	トウネズミモチ	
春							
採食重量 (kg)	5.9	9.7	10.3	9.8	-	5.5	41.2
採食割合 (%)	36.9	47.1	48.8	46.0	-	45.8	
夏							
採食重量 (kg)	7.7	11.0	16.4	-	6.9	-	42.0
採食割合 (%)	44.3	59.5	55.0	-	39.9	-	
秋							
採食重量 (kg)	7.9	6.6	10.3	-	3.9	14.2	42.9
採食割合 (%)	41.4	35.1	44.4	-	35.1	67.9	
冬							
採食重量 (kg)	7.9	6.6	-	10.1	-	14.4	39.0
採食割合 (%)	30.6	26.4	-	45.1	-	56.5	

表 1.7 ミライの平均行動発現割合 (%) の変化

行動	期間			
	春	夏	秋	冬
採食 (%)	61.0±2.4 ^a	31.1±3.0 ^b	49.6±8.8 ^{ab}	42.7±4.5 ^{ab}
休息 (%)	13.4±2.0 ^a	39.0±3.8 ^b	17.1±3.2 ^a	14.5±7.3 ^a
反芻 (%)	12.4±2.7	17.5±1.7	12.7±4.5	20.3±4.1
移動 (%)	10.0±1.2	6.3±0.3	15.3±4.4	13.5±4.3
口腔行動 (%)	2.4±0.7 ^{ab}	2.9±0.6 ^{ab}	1.1±0.5 ^a	6.9±1.0 ^b
往復歩行 (%)	0.0±0.0	1.0±0.2	0.0±0.0	0.0±0.0
その他 (%)	1.0±0.6	3.2±3.1	3.5±0.7	2.0±0.4

異文字間: P < 0.05

表 1.8 メイの平均行動発現割合 (%) の変化

行動	期間			
	春	夏	秋	冬
採食 (%)	28.7±5.6	24.1±5.3	27.0±1.4	30.6±4.4
休息 (%)	26.8±3.8 ^{ab}	44.2±7.5 ^a	28.3±5.5 ^{ab}	21.3±2.4 ^b
反芻 (%)	16.8±3.0	12.3±2.8	14.4±3.5	19.6±4.8
移動 (%)	20.6±1.8	13.5±3.2	21.2±3.3	18.8±3.6
口腔行動 (%)	4.1±1.3	2.2±0.7	4.8±1.3	7.6±2.8
往復歩行 (%)	0.3±0.2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.2±0.2
その他 (%)	2.4±0.6	3.6±3.6	3.3±0.8	2.9±0.9

異文字間: P < 0.05

表 1.9 ヨシダの平均行動発現割合 (%) の変化

行動	期間			
	春	夏	秋	冬
採食 (%)	27.8±2.6	16.7±4.6	27.4±3.6	22.3±2.5
休息 (%)	39.9±2.3 ^a	51.2±5.9 ^{ab}	23.5±3.4 ^c	30.4±1.7 ^{ac}
反芻 (%)	12.4±5.2	16.7±0.7	17.3±2.6	22.2±5.4
移動 (%)	14.3±1.7 ^{ab}	10.3±1.6 ^a	24.3±3.1 ^b	15.6±3.1 ^{ab}
口腔行動 (%)	2.8±0.6 ^a	1.9±0.4 ^a	3.3±0.7 ^a	7.0±0.6 ^b
往復歩行 (%)	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
その他 (%)	3.0±1.1	3.4±1.3	4.0±1.5	2.4±0.8

異文字間: P < 0.05

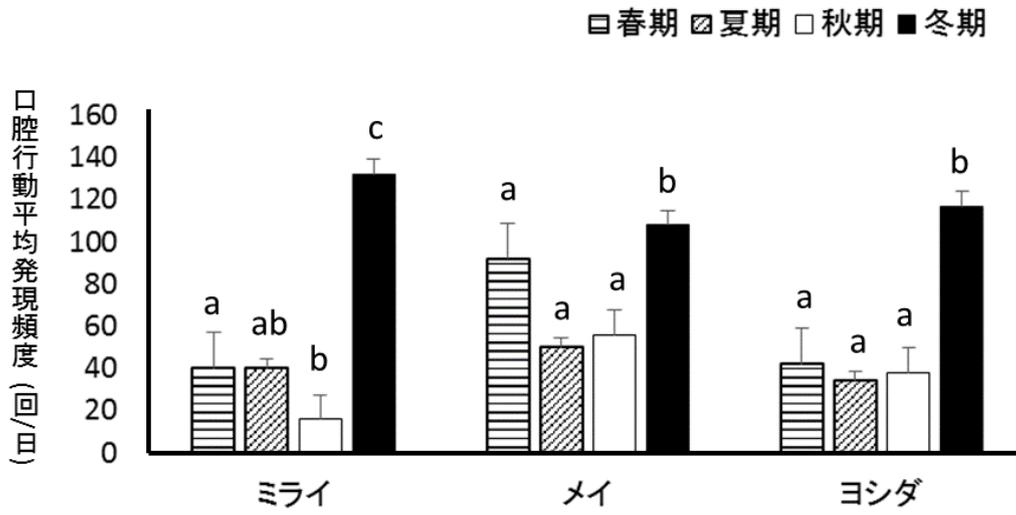


図 1.2 季節ごとの口腔行動の発現頻度

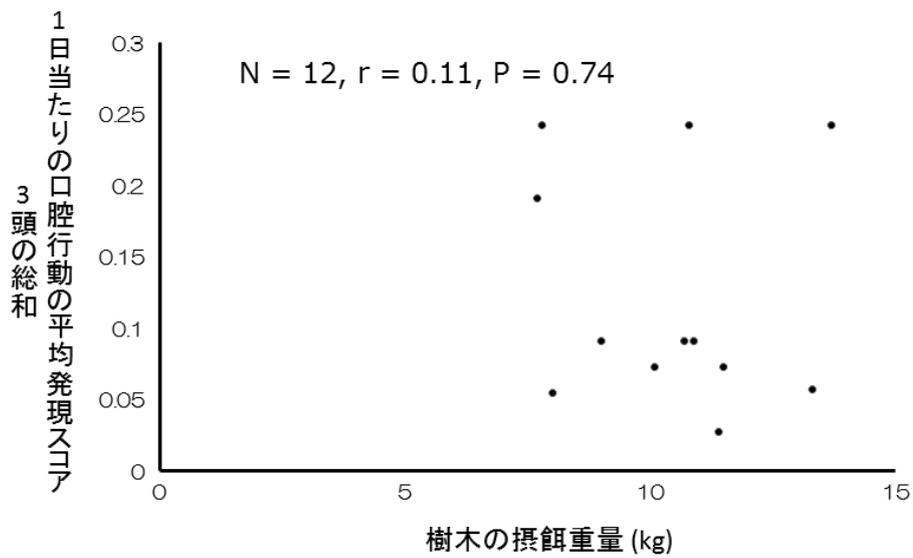


図 1.3 1日当たりの口腔行動の平均発現スコアの総和と採食樹木量の関係

1.4 考察

口腔行動の発現頻度は、季節によって変化し、年齢や性別に関わらず、全てのキリンで発現していた。本研究において、給餌内容は通常管理と変更なく行われていたことから、観察期間に限らず、これらの口腔行動は発生している可能性がある。特に冬には、全てのキリンで口腔行動が増加した。つまり、仮説(1)は立証されなかった。これまでの研究

(Dagg, 2014) では、キリンは夏に樹葉の採食が可能になると、口腔行動の頻度が減少することが報告されている。しかし、本研究では、冬においても摂食行動と反芻行動が減少することはなかった。また、本研究では、樹木の給餌量に大きな変化はなく、給餌した重量はどの季節でも同程度であった。つまり、仮説(2)も立証されなかった。これらの結果から、本研究におけるキリンの口腔行動の発現には、単純な樹木給餌量だけでなく、その他の要因が影響を与えている可能性が示された。

図 2.5 に示した通り、冬期に葉の無い状態で給餌したニセアカシアのように、樹皮のみの状態でも採食が認められる樹種があり、樹種ごとに採食利用部位が異なる可能性が考えられた。キリンの葉に対する嗜好性については、Sauer ら (1982) が報告しており、キリンの樹葉の採食は、粗タンパク質含有量と水分含量と最も大きな相関があるとされる。日本の動物園で給餌される樹種の葉の栄養価（本研究で与えられる樹木の採取地と同地域である）に関する先行研究（塩田ら, 2017）では、ニセアカシア（25.0%DM）やトウネズミモチ（14.2%DM）の平均粗タンパク質含有量は、シラカシ（10.4%DM）やヤマモモ（11.2%DM）よりも高く、平均水分含量もニセアカシア（65.6%）やトウネズミモチ（66.0%）は、シラカシ（52.1%）およびヤマモモ（59.4%）よりも高かった。また、これらの栄養素には樹種によって季節変化があり、粗タンパク質含有量では、ヤマモモは9月から12月にかけて上昇する傾向にあり、トウネズミモチ、シラカシ、ニセアカシアに変動は見られなかった。また水分含量は、シラカシ、ヤマモモ、ニセアカシアでは6月以降に低下する傾向にあり、トウネズミモチに変動は見られなかった。本研究では、キリンに

葉、枝、樹皮を与えたため、葉の栄養価についての塩田らの先行研究（2017）との単純な比較は困難である。しかし、ニセアカシアやトウネズミモチは本研究での採食割合は高く、特にニセアカシアの葉のない冬期は高い採食割合を示した。したがって、これら2種の平均粗タンパク質と平均水分含量の高さが冬期も維持されていた結果、キリンの嗜好性を高めた可能性が考えられた。さらに、キリンが枝や樹皮を食べることは、飼育環境下での採食行動の発現に有効である可能性があった。

一方、休息行動については、全てのキリンで夏期に増加する結果となった。過去の飼育下のキリンの行動における研究（オーストラリア、シドニー）では、キリンは暑さに強く、気温の変化が利用場所に変化を与えないとされているが（Dagg, 1970）、その結果とは異なっている。ただし、この先行研究は動物園にいる多くの動物種を同時に記録したものであり、また湿度など不快指数に影響を与える指標も考慮されていない。また、観察した時間帯も朝であり、特に酷暑が影響を耐える状況ではなかったため、気温の変化が利用場所に影響を与えていなかった可能性がある。一方、野生のキリンの採食に関する研究では、高温下ではメスのキリンがタンニンを持つ樹葉に忌避の反応を示す傾向が見られるとされる（Caister et al., 2003）。近年の気候変動に伴い、気温上昇が懸念されており（阪谷, 2015; ICPP, 2021）、日本の夏はキリンにとっても厳しい環境である可能性は十分考えられる。そのため、気温や湿度を含めた調査を行い、キリンの活動性との関連を明らかにする必要性が考えられた。

本章での結果を踏まえ、キリンの採食エンリッチメントの実施において、以下3つの問いが検討された。1つは温湿度指数（THI）とキリンの活動性の関連である。いずれのキリンも夏には休息が増加し、冬には口腔行動が増加する結果となった。この行動の変容は周辺の気温や湿度との関連性はあるのだろうか。2つ目は、採食内容の変化である。年間を通じ、同量の樹木を与え、なおかつ採食行動の発現は同等であったにも関わらず、口腔行動は特に冬に増加した。つまりは、採食内容に変化が生じている可能性が考えられる。

これを詳細に再度記録する必要があると考えられる。3つ目は、樹皮採食行動の変化である。本章では葉以外の部分についても樹木の採食としてまとめてしまったため、特に葉以外の部分の利用価値を確認する必要があると考えられた。続く第3章から第5章では、これらの観点について同時に記録を取り、行動観察を行った。

第2章 温湿度指数の変化がキリンの活動性に与える影響

2.1 緒言

これまでにキリンの生息環境を改善するために、動物園の技術者により多様な対策が実施されてきた。キリンはアフリカのサバンナに生息する樹木採食の反芻動物である (Dagg, 2014)。したがって、キリンの飼育環境における環境エンリッチメントは、彼らの舌の運動と反芻を促すように計画されており、常同的な口腔行動の減少に効果があると考えられている (Baxter and Plowman, 2001; Fernandez et al., 2008; Orban et al., 2016; Monson et al., 2018)。しかし、キリンがアフリカ由来であるという特徴を考慮した結果、飼育下の温度と周辺環境にはあまり注意が払われておらず、活動性に影響を与えないとすら言われていた (Dagg, 1978)。しかしながら、キリンは反芻動物であるため、ウシ (*Bos taurus*) と同じように、暑さが彼らの活動に影響を与える可能性がある。反芻による産熱のため、ウシでは気温と湿度の上昇により、温湿度指数 70 以上で泌乳などの活動性が低下するとされている (West, 2003)。野生のキリンに関する先行研究では、雌は気温と1日の採食時間に負の相関があることが報告されている (Leuthold and Leuthold, 1978)。さらに近年の野生のキリンに関する報告では、幼体だけでなく成体のキリンも含めて日中にミオンボ林に移動し、休息することが報告されている (Saito and Idani, 2020)。一方、寒冷気候には強い特性があるウシであっても、気温と湿度が低下し、THI が 50 を下回ると、幼獣の感染症に対する罹患率が上昇するとされる (Nabenishi and Yamazaki, 2017)。また、同様にキリンにおいては本来の生息環境と異なるためか、寒冷環境下では口腔行動の発現頻度が上昇する可能性も報告されている (Siciliano-Martina and Martina, 2018)。

飼育動物の福祉研究において、本来の生息環境の気候を配慮することは重要である。同じ反芻動物で生活環境の指標として活用されている温湿度指数 (THI) の仕組みは、世界

中の多様な動物園で飼育されるキリンの飼育環境を管理する上で、十分に役に立つ可能性がある。そこで本章では、仮説(1)温湿度指数が上昇は、飼育下のキリンの活動性を低下させる、仮説(2)温湿度指数が低下するにつれて、飼育下のキリンのストレス指標（口腔行動）が増加する、を検証した。

2.2 材料及び方法

2.2.1 動物

観察には血縁関係のない3頭のキリン（雌2頭、雄1頭、表2.1）を供試した（第1章で供試したオスは他園へ搬出し、新たなオスが導入された）。キリンの群では、非血縁のオスがメス群に長期間存在する状態はあまりないとされる（Bercovitch and Berry, 2010; Carter et al., 2013; Wolf, Ngonga Ngomo, et al., 2018）。一方で、メスはオスの接近から逃れるのに十分なスペースが確保されており、またグラウンドでの同居はすでに約1年実施され、群の関係性はすでに安定していた。そのため、この3頭の群構成が観察時に常同行動や活動性に影響を与える可能性は低いと考えられた。キリンは9:00から16:00まで屋外に放飼され、夜間は動物舎に収容された。

放飼場では、樹木が給餌されていた。観察期間中に与えられた樹種は8種類（シラカシ、ニセアカシア、サクラ、アキニレ、ヤマモモ、トウネズミモチ、ケヤキ *Zelkova serrata*、エノキ *Celtis sinensis*）であり、この中から少なくとも3種類が与えられた（樹種は、販売業者の任意による）。周囲のフェンスに1種ごと鎖で固定し、給餌された（8ヶ所:設置場所は固定: 図2.1）。樹木給餌の他に、ルーサン乾草（自由採食）、ヘイキューブ（アルファルファ: 制限採食）が与えられていた。動物舎の中では、ルーサン乾草、ヘイキューブ、ペレット（Mazuri® Wild Herbivore Diet Hi-Fiber）が制限給餌で提供されるが、夜間にルーサン乾草が食べ尽くされることはなかった。水はグラウンドの池及び飲水バケツから自由に飲むことができた。観察は動物園スタッフ1名（著者）が行い、キリンの行動に影響を与えない服装（ユニフォーム以外の服装: 予備観察において観察者を注視もしくは追尾する行動は見られなかった）で行った。観察は、スマートフォン用行動観察支援アプリ ISBOApp（Ogura, 2013: 指定した時間間隔で、観察者が作成したリストに基づいて、動物の行動・個体名・場所・行動の対象等を記録することができるアプリケーション）を用いて、来園者通路で行われた。

表 2.1 観察個体の情報

	愛称	誕生日	来園日
F1	ミライ	2001/3/24	2005/10/25
F2	メイ	2013/5/18	2014/11/10
M	イブキ	2017/4/6	2018/6/26



図 2.1 給餌樹木の写真

2.2.2 観察手順

本章における観察期間は 2019 年 5 月 8 日から 2020 年 2 月 19 日とした。観察期間は、上昇期（5 月～9 月）と下降期（9 月～2 月）の 2 期に分けた（表 2.2）。キリンは 3 日間の予備観察の後、上昇期は月 3～6 日、下降期は月 2～6 日、合計 22 日/期、観察を行った。雨の日や雌の発情期は行動に影響を与える可能性があるため、最終的なデータセットからは除外した。

9:00-11:00, 11:10-13:10, 13:30-15:30 に観察を行った。記録された行動を表 2.3 に示す。行動の定義は、実際の実験期間の前に行われた 3 日間の予備観察の結果に基づいている。また、THI の影響を評価するために、行動を「活動」と「非活動」に大別した。採食行動については、摂取した餌の種類（樹木、ルーサン乾草、ヘイキューブ、下層植生）も記録した。個体追跡（瞬間）サンプリングを 1 分間隔で行った。統計解析には、1 日当たりの平均発現回数を用いた。口腔行動は、予備観察で記録された周囲の柵を舐める行動

と、動物舎の木製設備をかじる（木かじり）行動を対象に 1-0 サンプリングで記録を行った。なお、本研究ではこれまでの牛の口腔行動に関する研究（Sato et al., 1991; Seo et al., 1998; Ishiwata et al., 2006）では、「繰り返し」舐める行動ではなく、舐める行動自体に着目しているため、本研究では、餌ではないものを舐めるという事象を 1 回の舐める行動として記録した。

表 2.2 観察日、樹木採食エンリッチメントの消費量の詳細

期間	上昇期		下降期	
	60 ≤ THI < 80	80 ≤ THI	60 ≤ THI < 80	THI < 60
開始日	2019/ 5/ 8	2019/ 7/28	2019/ 9/19	2019/11/30
終了日	2019/ 7/13	2019/ 9/12	2019/11/16	2020/ 2/19
観察日数	11	11	11	11
給餌樹木の採食頻度 (1/0)	18.84±7.81	18.12±7.84	23.97±8.53	21.07±7.12
THI ± SD	74.66±4.96	83.47±2.96 **	70.12±7.21	55.31±3.85 **

** : P < 0.01

表 2.3 行動の定義

行動	定義
活動	
個体維持行動	
採食	移動を行わずに、餌(樹木、ルーサン乾草、ヘイキューブ、下層植生)を摂取し、飲み込む。
探査	何かを見つめる、もしくは鼻を近づけ匂いを嗅ぐ。
移動	採食中や反芻中を含めた、歩行もしくは走行。
社会行動	他個体に顔を近づけるもしくは匂いを嗅ぐ、ネッキング、追尾、フレーメンなど。
口腔行動	
舐める	舌で餌でないもの(柵、壁、窓、屋根など)を舐める。
木かじり	木の壁など木製設備をかじる。
その他	上記にないその他の行動。
非活動	
個体維持活動	
反芻	移動をせずに、反芻胃内容物の吐き戻し、咀嚼、嚥下を行う。
休息	口腔行動を含む運動をせずに、静止した状態、通常は立位または横臥位。

2.2.3 温湿度指数の記録

本研究では、気温の指標として温湿度指数（以降、THI）を採用した。これまでの家畜に関する研究において、THI は日々の採食パターンに影響を与える重要な因子であることが示されている。この指標はもともと Thom（1959）によって開発され、Berry ら

(1964) によってウシに応用されたものである。ウシの以前の研究では、 $THI > 70$ は熱ストレスと関連し、泌乳中の乳牛の乳量を減少させることが明らかとなっている (West, 2003)。反芻動物であるキリンも同様に、高い THI で熱ストレスの影響を受ける可能性が考えられる。さらに、乳牛は主に耐寒性があるとされているが、黒毛和種の子牛は出生直後から寒冷環境 ($THI < 50$) に弱く、疾病率が上昇する (Nabenishi and Yamazaki, 2017)。本研究では成獣を対象としていたため、幼獣の基準は適当ではない可能性もあるが、キリンの生息地を踏まえると、成獣でも寒さが行動に影響を与える可能性は十分考えられる。同様に、これらの家畜に関する報告は、採食行動は異なるものの、同じ反芻動物の消化機構を呈するキリンの飼育環境管理の参考にできると判断した。

THI は Thom(1959)の方法を用いて、以下のモデルにより算出した。

$$THI = (0.8 \times AT + (RH / 100) \times (AT - 14.4)) + 46.4$$

ここで、 AT は周囲温度 ($^{\circ}C$)、 RH は相対湿度 (%) である。

観察地の温度と湿度を来場者エリアの日陰に置かれたデジタル温湿度計 (HC-520、Shenzhen Huaye E-Commerce Co、中国) を用いて測定した。温度と湿度は、2 時間の観察時間ごとに開始後 30 分と 90 分に記録した。各日の THI 値 (6 サンプル) を平均し、キリンの行動表出頻度と比較した。

ウシに関するこれまでの研究では、 THI が 70 と 50 で行動や疾病率に影響が出ることが明らかとなっている。ウシは一般に耐寒性が高いが (Brody 1956)、野生ではキリンは気温の高い地域に生息している (Muller et al, 2018)。しかし、 THI がキリンの活動に影響を与えるかどうかは不明であるため、Nabenishi と Yamazaki, (2017) の研究と同様に、

(1) まず、各期間 (THI 上昇期、下降期) における THI と行動発生率の相関を調査した

上で、(2) ウシの基準よりも+10した数値を基準に以下の3条件に分けた： $THI < 60$ 、 $60 \leq THI < 80$ 、 $THI \geq 80$ 。

本研究は、実施前に京都市動物園倫理委員会により承認された（KCZ-2019-029, 以降第3章および第4章の審査も含む）。

2.2.4 統計解析

各期間の THI と樹木給餌による採食頻度をマンホイットニの U 検定、および THI 間による行動の発現頻度をウィルコクソンの符号付順位和検定を用いて評価した。また、採食物の偏向について、 χ^2 乗検定とハバーマンの残差分析を用いて、採食内容の偏りを調査した。さらに、スピアマンの順位相関係数を用いて、THI と行動発現頻度の関連性を検討した。全てのデータは平均値と 95%信頼区間で表示した。統計解析はすべて Statcel2 (OMS Publishing, Saitama, Japan) を用いて行った。

2.3 結果

キリンへ給餌した樹葉の採食頻度に有意な差は見られなかった（上昇期： $P = 0.73$ 、下降期： $P = 0.17$ ）（表 2.2）。また、THI は上昇期 $60 \leq \text{THI} < 80$ と $\text{THI} \geq 80$ 、下降期 $\text{THI} < 60$ と $60 \leq \text{THI} < 80$ の区分の間で、有意な差が見られた（いずれも $P < 0.01$ ）。

THI 上昇期、下降期におけるキリンの行動と THI の相関関係を表 2.4 に示す。上昇期では、すべてのキリンで「活動」に分類した行動の頻度は THI と負の相関を示し（ $P < 0.05$ ）、「非活動」に分類した行動の頻度は THI と正の相関を示した（ $P < 0.05$ ）。すべての個体で、休息行動は THI と正の相関を示し（ミライ[F1]とイブキ[M]: $P < 0.01$, メイ[F2]: $P < 0.05$ ）、探査行動は THI と負の相関を示した（ミライ[F1]とメイ[F2]: $P < 0.01$, イブキ[M]: $P < 0.05$ ）。一部の個体では THI と社会行動（ミライ[F1]: $P < 0.01$ 、イブキ[M]: $P < 0.05$ ）との間に負の相関を示した。また、ミライ[F1]は THI と採食行動（ミライ[F1]: $P < 0.01$ ）と負の相関を示し、枝の採食に負の相関が見られた（ $P < 0.01$ ）。イブキ[M]ではヘイキューブ採食と負の相関が見られた（ $P < 0.05$ ）。さらに、イブキ[M]は口腔行動と反芻行動で正の相関を示した（口腔行動 $P < 0.05$, 反芻行動: $P < 0.01$ ）。

THI 下降期では、以下のような採食行動と THI との相関関係が見られた：ミライ[F1]はヘイキューブ採食（ $P < 0.01$ ）と負の相関、下層植生採食と正の相関（ $P < 0.01$ ）、メイ[F2]は樹木採食（ $P < 0.01$ ）と負の相関、乾草採食およびヘイキューブ採食と負の相関（共に $P < 0.05$ ）、イブキ[M]は樹木採食と正の相関（ $P < 0.05$ ）、乾草採食と負の相関（ $P < 0.01$ ）が見られた。さらにミライ[F1]では THI と口腔行動および舐める行動と負の相関があり（ $P < 0.05$ ）、イブキ[M]では THI と木かじり行動に正の相関が見られた（ $P < 0.05$ ）。

表 2.4 キリンの行動発現割合と温湿度指数 (THI) の相関

期間 個体	上昇期 (60 ≤ THI)						下降期 (THI < 80)					
	ミライ[F1]		メイ[F2]		イブキ[M]		ミライ[F1]		メイ[F2]		イブキ[M]	
	rs	P	rs	P	rs	P	rs	P	rs	P	rs	P
活動	-0.82	< 0.01	-0.54	< 0.05	-0.65	< 0.01	-0.39	0.08	0.14	0.51	0.08	0.72
採食	-0.73	< 0.01	-0.12	0.57	-0.17	0.41	-0.17	0.42	0.30	0.17	0.45	0.44
枝	-0.61	< 0.01	0.06	0.76	0.08	0.73	0.15	0.49	0.62	< 0.01	0.51	< 0.05
乾草	-0.05	0.72	0.14	0.52	-0.2	0.35	-0.37	0.08	-0.49	< 0.05	-0.80	< 0.01
ヘイキューブ	-0.26	0.16	-0.01	0.92	-0.46	< 0.05	-0.58	< 0.01	-0.45	< 0.05	-0.33	0.12
下層植生	-0.12	0.53	-0.30	0.16	-0.13	0.52	0.63	< 0.01	0.35	0.11	0.47	< 0.05
探査	-0.65	< 0.01	-0.72	< 0.01	-0.46	< 0.05	0.17	0.44	0.12	0.58	0.26	0.24
歩行	0.12	0.57	-0.26	0.22	-0.14	0.52	0.44	< 0.05	-0.17	0.41	0.08	0.73
社会行動	-0.62	< 0.01	-0.24	0.23	-0.46	< 0.05	0.37	0.10	-0.25	0.23	-0.17	0.40
口腔行動	0.11	0.59	0.17	0.44	0.52	< 0.05	-0.46	< 0.05	-0.13	0.54	0.13	0.54
舐める (1/0)	-0.2	0.36	-0.12	0.59	0.37	0.08	-0.63	< 0.01	-0.40	0.07	-0.03	0.87
木かじり(1/0)	0.14	0.52	0.25	0.23	0.29	0.17	-0.15	0.48	0.11	0.61	0.43	< 0.05
その他	-0.05	0.81	0.04	0.86	-0.16	0.43	0.04	0.87	-0.29	0.19	-0.27	0.21
非活動	0.82	< 0.01	0.53	< 0.05	0.65	< 0.01	0.39	0.08	-0.14	0.53	-0.07	0.74
反芻	0.39	0.07	0.39	0.07	0.59	< 0.01	-0.16	0.45	0.11	0.61	-0.12	0.56
休息	0.81	< 0.01	0.43	< 0.05	0.58	< 0.01	0.73	< 0.01	-0.34	0.11	0.21	0.34

rs, スピアマンの順位相関係数

「樹木」、「ルーサン乾草」、「ヘイキューブ」、「下層植生」は各餌の採食行動の割合を示し、

「樹木」には「景観樹」と「給餌枝」の両方の採食が含まれる。

口腔行動には、舐める行動などのすべての口腔内行動が含まれる。

THI 間ごとで行動を比較した結果を、図 2.2 に示す。THI 上昇期では $THI \geq 80$ になると、ミライ[F1]とメイ[F2]で探索行動が有意に減少し（ミライ[F1]: $P < 0.01$;メイ[F2], イブキ[M]: $P < 0.05$ ）した。ミライ[F1]は休息行動が有意に増加し、採食行動が有意に減少した（共に: $P < 0.01$ ）。また、イブキ[M]の反芻行動が有意に増加した（ $P < 0.05$ ）。

一方、THI 下降期に $THI < 60$ になると、瞬間サンプリングでは口腔行動に有意な差は見られなかった（図 2.2）。ミライ[F1]では、休息行動が有意に減少し、歩行行動が有意に増加した（共に: $P < 0.01$ ）。

THI 上昇期の採食行動の偏向の分析結果を図 2.3 に示す。採食行動の偏向では、ミライ[F1]は $THI \geq 80$ になると、枝とヘイキューブの採食が有意に少なくなり、乾草の採食が多くなった（枝: $P < 0.05$, ヘイキューブ: $P < 0.01$ ）。イブキ[M]ではヘイキューブの採食が有意に少なくなり、乾草の採食が有意に多くなった（ヘイキューブ: $P < 0.05$, 乾草: $P < 0.01$ ）。メイ[F2]では採食行動の内容に有意な偏向は見られなかった（ $P = 0.53$ ）。

THI 下降期の採食行動の偏向を図 2.4 に示す。採食行動の内訳では、全ての個体の枝と下層植生の採食が $THI < 60$ で有意に少なくなった（いずれも $P < 0.01$ ）。また、全ての個体の乾草の採食が有意に多くなり（いずれも $P < 0.01$ ）、イブキ[M]以外のヘイキューブの採食も有意に多くなった（いずれも $P < 0.01$ ）。

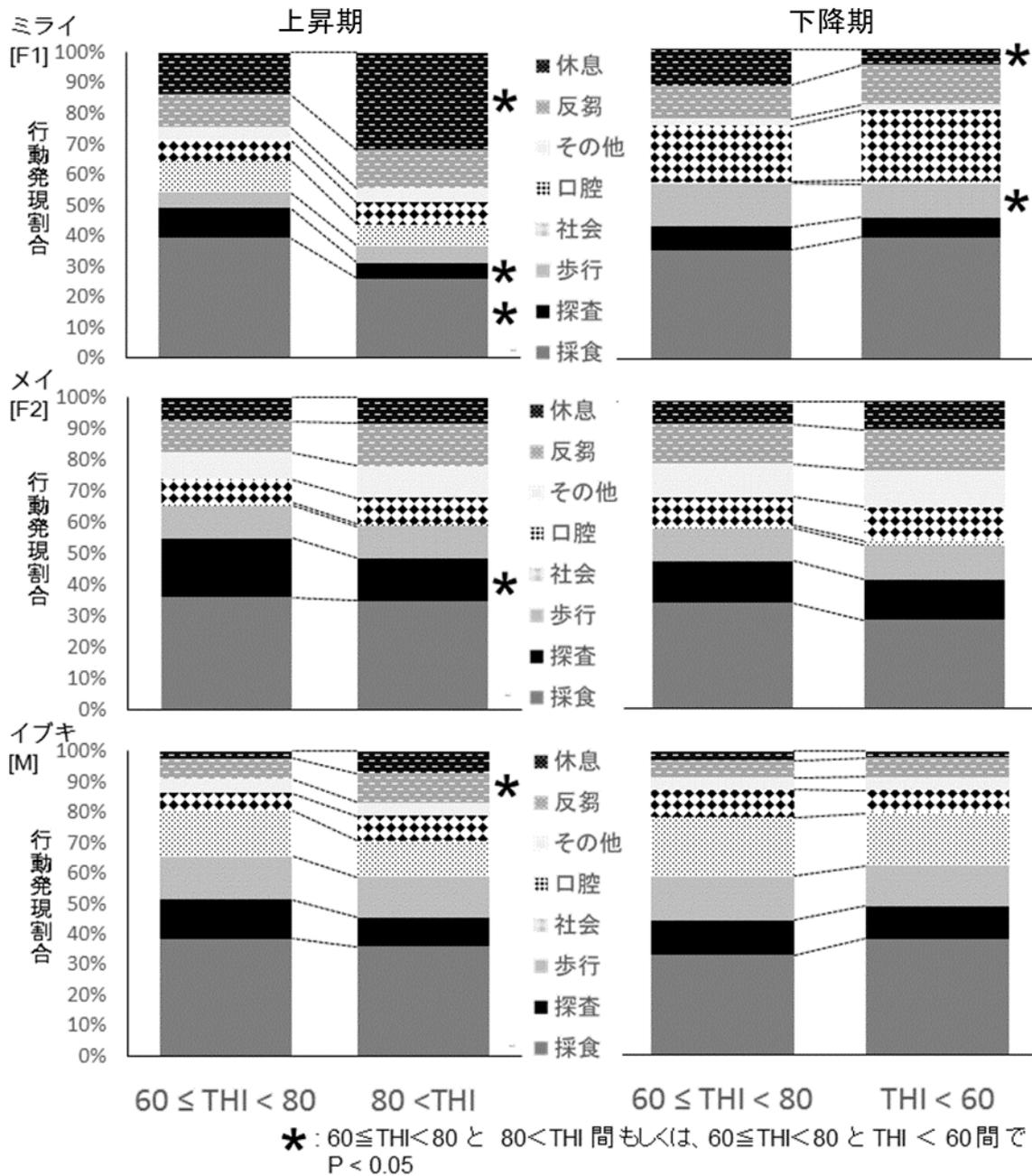


図 2.2 THI の変化に伴う行動発現割合の変化

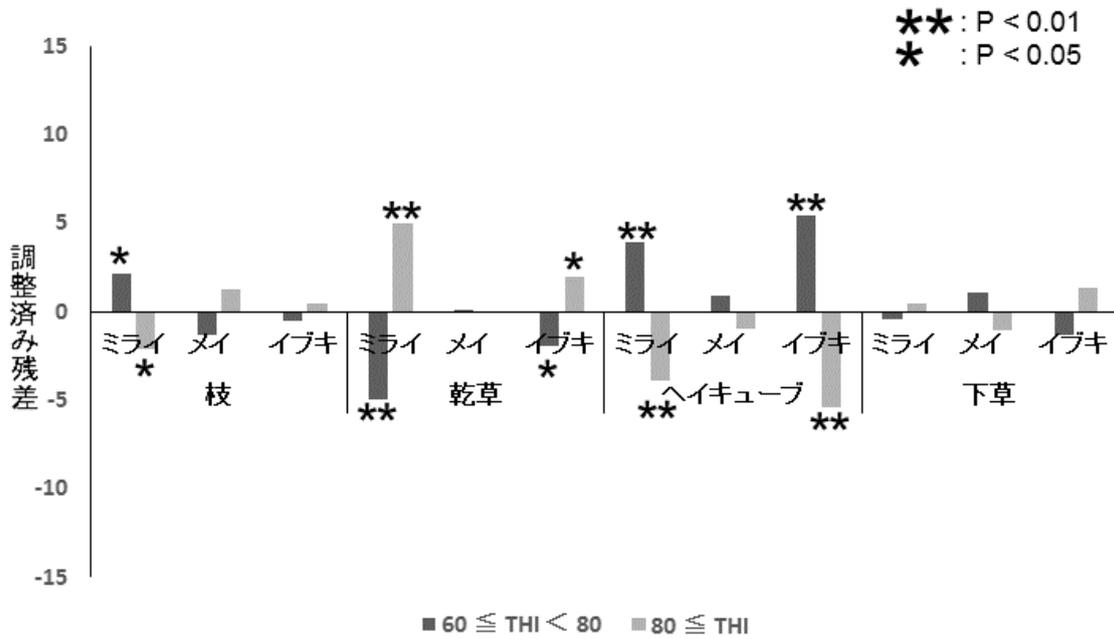


図 2.3 THI 上昇期の採食行動の偏向

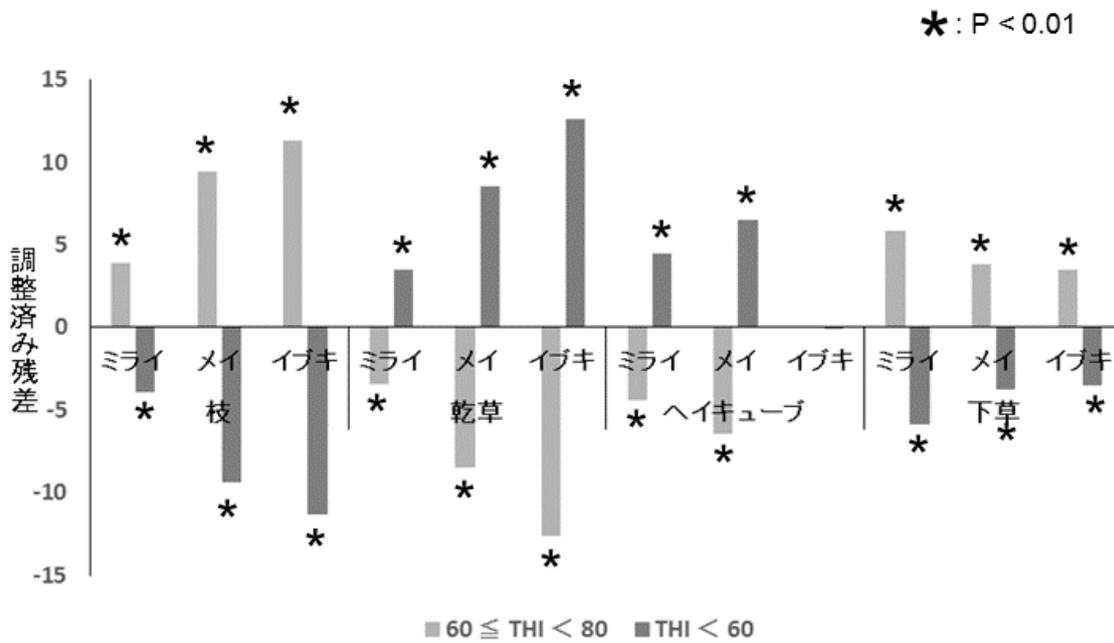


図 2.4 THI 下降期の採食行動の偏向

1-0 サンプルによる、口腔行動の変化を図 2.5 (舐める行動) と図 2.6 (木かじり行動) に示す。THI 上昇期には、全ての個体で口腔行動に有意な変化は見られなかった。一方で、THI 下降期では、ミライ[F1]およびメイ[F2]で、舐める行動の頻度が、THI < 60 になると、有意に増加した。木かじり行動はイブキ[M]で、THI < 60 になると、有意に減少する結果となった (図 2.6)。

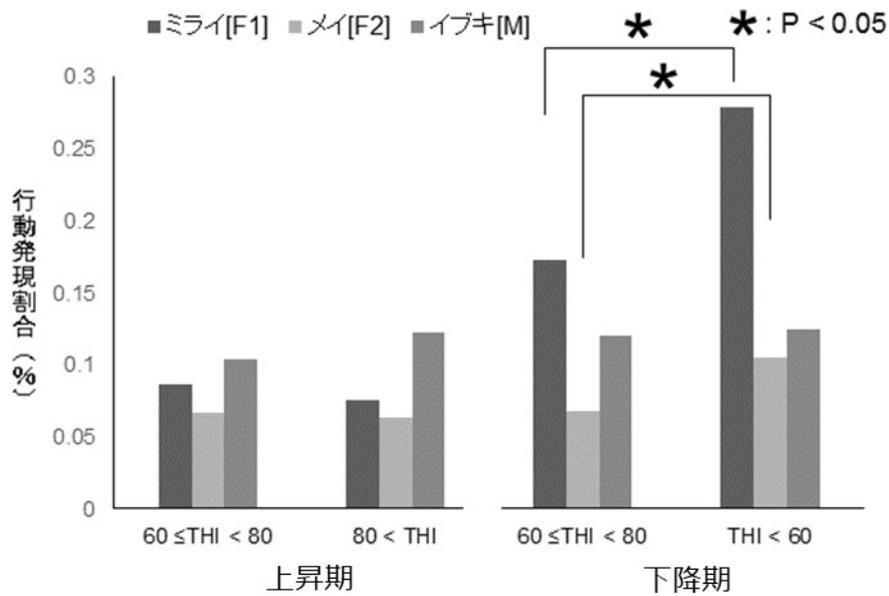


図 2.5 舐める行動の発現頻度の変化

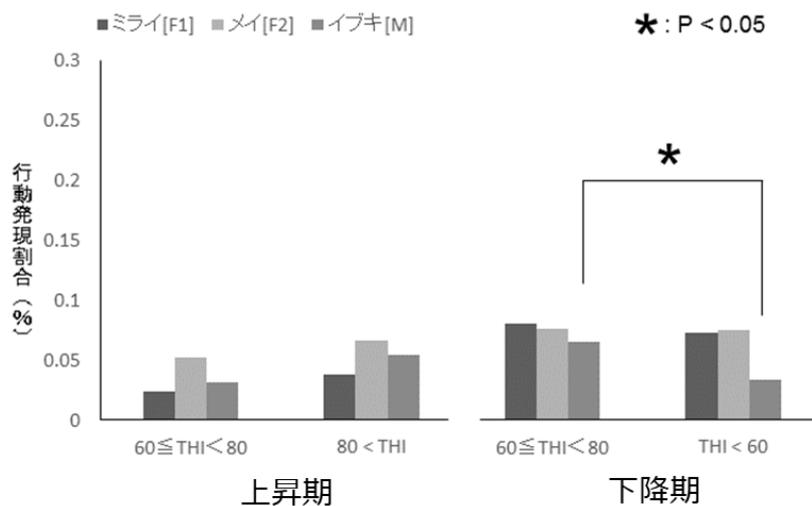


図 2.6 木かじり行動の発現頻度の変化

2.4 考察

キリンの活動量は THI の上昇に伴い減少した。THI が上昇すると、ミライ[F1]の樹木採食やイブキ[M]のヘイキューブ採食行動が減少し、またすべての個体で「活動」に分類した行動が減少する傾向にあった（表 2.4）。また THI が 80 を超えると、採食行動の減少（ミライ[F1]）、休息行動の増加（ミライ[F1]）、社会行動の減少（ミライ[F1]、メイ[F2]）、反芻行動の増加（イブキ[M]）が見られた（図 2.2）。つまり、仮説(1)温湿度指数の上昇は、飼育下のキリンの活動性を低下させることが示された。野生のキリンの採食行動に関する過去の報告（Leuthold and Leuthold, 1978）では、気温と雌の 1 日の採食時間に負の相関関係があるとされており、それに沿った結果となった。しかし飼育下では、気温の上昇と共にキリンが活動を低下させることは報告されたことはなく、特に日本の暑い季節では、何らかのケアが必要であることが示された。近年の野生のキリンの観察では、幼獣、成獣問わず日中にミオンボ林に移動して座位や立位での休息を行うことが報告されている（Saito and Idani, 2020）。したがって、特に日本の暑い季節では、野生と同様に休息可能な環境を提供する必要があると考えられた。さらに、同じ反芻動物であるウシを対象とした先行研究では、低繊維・高エネルギー食を与えることで、消化時の熱の発生を抑えることで熱ストレスの影響を減少させるとする（Gonzalez-Rivas et al., 2018）。キリンでも低繊維・高エネルギーな飼料を用いた飼育管理手法の検討を検討することが、キリンの暑熱時の対策に有効かもしれない。本章では、ウシを対象とした先行研究を参考に THI の閾値を 80 としたが、いずれの分析（表 2.4、図 2.2、図 2.3）でも 1 個体（メイ[F2]）では THI の変化による採食行動に差は見られなかった。個体によって閾値は異なる可能性があるため、さらなる研究が必要である。

一方、1 個体（ミライ[F1]）で、THI と舐める行動には有意な負の相関が見られた（表 2.4）。さらに、THI が 60 以下になると、一部の個体（ミライ[F1]、メイ[F2]）では舐める行動の頻度が増加した（図 2.5）。つまり、仮説(2)温湿度指数が低下するにつれて、飼育下

のキリンのストレス指標（口腔行動）が増加した、と考えられた。この舐める行動の増加は、低温環境下で舐める行動が増加するというこれまでの報告（Siciliano-Martina and Martina, 2018）と整合性があった。低温への曝露がキリンのストレスや舐める行動に与える直接的な影響は不明であるが、飼育下で冬季に死亡したキリンの剖検所見では脂肪の萎縮が確認され、エネルギー不足が死因と考えられている（Potter and Clauss, 2005）。したがって、寒冷な気候での飼育はキリンの生理機能に影響を与える可能性があり、キリンの心身の健康を維持するためには、外部からの加温や給餌カロリーの増加、給餌粗飼料（葉、乾草）を増やすなどの反芻を促進するための給餌が重要であると思われる。ウシを対象とした先行研究では、飲料水の温度を調整することで直腸温が上昇することが報告されている（Golher et al, 2015）。しかしながら、この変化には飼料面での変化が影響を与えている可能性も考えられた。キリンの口腔行動に関する先行研究では、ヘイキューブなどの **Physically unstructured feeds**（粒径が小さく、物理的に構造化されていない飼料）の給餌割合の増加は、舐める行動を増加させると考えられている（Hummel et al, 2006）。該当するこの2頭では、下降期に THI とヘイキューブの採食量に負の相関が確認された。この相関はおそらく疑似相関の可能性も考えられ、冬期での樹木の落葉が進んだ結果、ヘイキューブの採食量が増加した可能性が考えられた。この変化を調査するため、次章では景観樹と口腔行動の関連を調査する。

採食行動や舐める行動が温度によって明らかに影響を受けた個体は成獣個体であり、比較的若い動物に対する温度の影響についての研究が必要である。しかし、本研究で確認した THI の変化は、キリンの活動性に影響を与えている可能性が高い。本研究で得られた知見は、今後のキリンの福祉に関する研究において考慮されるべきものである。

第3章 景観樹の落葉がキリンの口腔行動に与える影響

3.1 緒言

動物園は生物多様性保全を啓発するための教育施設である。そのため、飼育展示施設には来園者の関心を高めるための多様な展示手法が取り入れられている。その流れの一端として、近年の動物園の展示方法は、教育的な観点から生息環境型展示が提唱されている (Hancocks, 2001)。この生息環境型展示は、動物が本来の生息環境にいるような展示効果を目的とした展示手法である。このような生息環境型展示の実現のために植えられた樹木は、動物に木陰を提供し、動物のオーバーヒートを防ぐなど、環境エンリッチメントの要素としての役割も果たしている (Coe and Dykstra, 2010)。ただし、あくまでその主目的は教育効果であり、実際に動物福祉に配慮したものではないことは留意すべきである。実際、日本国内の生息環境型展示では、完成当初は種本来の採食行動が維持されていたものの、植生が維持できなくなるにつれて、当初の人工的な展示施設と同等になる可能性も示唆されている (伊藤ら, 2019)。つまり、これらの景観を作るための樹木や植栽がただの飾りではなく、生活する動物達が植生を利用することで、種本来の行動を維持し、そしてそれが動物福祉の向上にいかにかに寄与するのかを認識する必要がある。そこで、この第3章では景観樹の存在がキリンの口腔行動の発現に与える影響について検討した。キリンへの樹木給餌は、アメリカ動物園水族館協会のキリンの飼育マニュアル (Burgess, 2004) とヨーロッパ動物園水族館協会 (EAZA Giraffe EEP, 2006) が発行する両飼育マニュアルに記載されている採食エンリッチメントで、口腔行動を減少させると記載されているものである。実際に舌を使うことを促す採食エンリッチメントの取り組みは、キリンの口腔行動を減少させる効果があるとされている (Fernandez et al, 2008)。つまり、フェンスなどで樹木自身を保護した状態で、キリンが舌を用いて景観樹の葉を採食することは、キリンの口腔行動に影響を与える可能性がある。しかし、アメリカにおけるキリンの飼育環境を

検討した先行研究において、景観樹の存在は注目されていない (Bashaw et al. 2001)。一方、第2章では、気温の低下が口腔行動に影響を与える可能性も考えられた (Siciliano-Martina and Martina, 2018)。そこで、この第3章では、周辺の気温を配慮した期間での調査を行い、仮説：キリンによる景観樹の採食行動の減少が、キリンの口腔行動の発現を増加させる、を検証した。

3.2 材料及び方法

3.2.1 動物

観察には血縁関係のない3頭のキリン（雌2頭、雄1頭、表3.1）を供試した。観察条件および給餌条件（給餌樹木も含む）は第2章と同様である。水はグラウンドの池及び飲水バケツから自由に飲むことができた。

3.2.2 景観樹

放飼場内には、動物の木陰用に、ケヤキ3本、シラカシ1本がある。また、来園者エリアには、アキニレ2本とケヤキ3本があった。展示場のケヤキの寸法は、幹の直径がそれぞれ60cmと40cm、高さがそれぞれ7.5mと4.5mである。木自体は高さ4.5mの柵で囲まれている（図3.1）。来園者通路のケヤキとアキニレの寸法は、幹の直径がそれぞれ50cmと50cm、高さがそれぞれ6mと4.5mであった。来園者通路と放飼場は高さ3mのフェンスで仕切られていた。これらの樹木を「景観樹」と定義した。なお、これらの景観樹は、フェンスの隙間やフェンスの上部から舌で届く範囲の葉であれば採食が可能であるように設定されたものであり、種本来の採食行動を促すための採食エンリッチメントを実現する意図も含んでいた。今回、ケヤキとアキニレは落葉樹であり、葉の有無がキリンの採食行動に影響を与える可能性があるため（Razal et al., 2017）、2つの期間（落葉前、落葉後）で観察した。



図 3.1 フェンス越しに景観樹を採食するキリン

3.2.2 観察手順

観察期間は 2019 年 5 月 8 日から 7 月 13 日、9 月 19 日から 2020 年 11 月 29 日とした。この観察期間は、景観樹の特徴から、それぞれ落葉前と落葉期と設定した。キリンは 3 日間の予備観察の後、落葉前は月 3~6 日、落葉期は月 2~6 日、合計 12 日ずつの観察を行った。雨の日や雌の発情期は行動傾向に影響を与える可能性があるため、最終的なデータセットからは除外した。全ての観察日は開園日であった。

9:00-11:00, 11:10-13:10, 13:30-15:30 に観察を行った。採食行動と採食品目を 1 分間隔の瞬間サンプリングで記録し、樹木の採食行動、樹種（景観樹または給餌樹木）、口腔行動を 1 分間隔の 1-0 サンプリングで記録した。これらの行動は短時間で発生するため、より正確にその頻度を記録するために 1-0 サンプリングを採用した。統計解析には、1 日当たりの平均発現回数を用いた。予備観察を踏まえ、周囲の柵を舐める行動と、獣舎の木部をかじる（木かじり）行動の 2 種類を口腔行動の対象とすることにした。グラウンド内

には、シマウマの乾草給餌場所に木製の設備が設置されており、これを中心にかじる行動が観察された（図 3.2）。

観察期間中は、第 2 章と同様に温湿度の測定を行い、THI を算出した。THI の算出方法は第 2 章と同様である。



図 3.2 木かじり行動を行うキリン

3.2.4 統計解析

各期間の THI の比較をマンホイットニの U 検定、景観樹および給餌枝の採食行動、口腔行動の発現頻度、瞬間サンプリングによる採食行動の比較をウィルコクソンの符号付順位和検定を用いて評価した。また、スピアマンの順位相関係数を用いて、観察した 2 期間を通じた景観樹の採食行動の発現割合と口腔行動の発現割合との関連性を検討した。全てのデータは平均値と 95%信頼区間で表示した。統計解析はすべて Statcel2 (OMS Publishing, Saitama, Japan) を用いて行った。

3.3 結果

観察した2期間のTHIの平均に有意な差は見られなかった(落葉前:74.66±4.75, 落葉後:70.11±6.90, $P = 0.09$)。各期間の個体ごとの行動発現割合を表3.1に示す。給餌した樹葉の採食行動にも有意な差は見られなかった(ミライ[F1]: $P = 0.86$, メイ[F2]: $P = 0.38$, イブキ[M]: $P = 0.64$)。しかし、景観樹の採食行動は2期間において全頭で有意な差が見られ、落葉後に減少した(全頭: $P < 0.01$)。一方で瞬間サンプリングにおける採食行動の発現には全頭有意差は見られなかった(ミライ[F1]: $P = 0.54$, メイ[F2]: $P = 0.47$, イブキ[M]: $P = 0.06$)。採食行動の内訳では、ミライ[F1]では、落葉後に給餌枝の採食行動が有意に減少し、乾草、ヘイキューブの採食行動が有意に増加した(いずれも $P < 0.05$)。メイ[F2]ではヘイキューブの採食行動が有意に増加し、下層植生の採食行動が有意に減少した(ヘイキューブ: $P < 0.05$, 下層植生: $P < 0.01$)。イブキ[M]では採食行動の内訳に有意な変化は見られなかった。

口腔行動の発現頻度はミライ[F1]とイブキ[M]で有意な差が見られた(ミライ[F1]: $P < 0.01$, イブキ[M]: $P < 0.05$)。内訳としては、舐める行動ではいずれの個体も有意な差は見られなかった(ミライ[F1]: $P = 0.11$, メイ[F2]: $P = 0.70$, イブキ[M]: $P = 0.52$)。木かじり行動はミライ[F1]とイブキ[M]で有意な差が見られた(いずれも $P < 0.01$)。景観樹の採食行動と口腔行動の発現割合の関係性を調べると、景観樹の採食行動と舐める行動に有意な相関関係は全頭で見られなかった(ミライ[F1]: $r_s = -0.23$, $P = 0.25$, メイ[F2]: $r_s = 0.28$, $P = 0.17$, イブキ[M]: $r_s = 0.001$, $P = 0.99$)。一方、景観樹の採食行動と木かじり行動には、ミライ[F1]とイブキ[M]で負の相関関係が認められた(ミライ[F1]: $r_s = -0.50$, $P < 0.05$, メイ[F2]: $r_s = 0.007$, $P = 0.97$, イブキ[M]: $r_s = -0.53$, $P < 0.05$)。

表 3.1 各個体の採食行動および口腔行動の発現割合

	落葉前	落葉後
<i>ミライ[F1]</i>		
採食	37.38±5.48	36.39±9.17
枝	32.04±6.48	25.07±7.55 *
景観樹	21.44±7.63	9.60±5.72 **
給餌枝	17.73±7.12	25.30±6.88 *
乾草	2.69±3.44	5.16±2.81 *
ハイキューブ	1.27±2.22	4.14±2.10 **
下層植生	1.02±0.79	2.01±1.56
口腔		
舐める	4.49±2.02	6.50±3.28
木かじり	7.57±4.30	15.76±8.35 *
<i>メイ[F2]</i>		
採食	35.34±6.28	34.23±9.82
枝	27.40±5.65	24.00±9.97
景観樹	16.57±7.31	7.13±4.77 **
給餌枝	21.25±8.28	25.37±10.44
乾草	1.97±2.13	3.18±2.86
ハイキューブ	2.20±1.71	4.84±2.29 **
下層植生	3.77±1.70	2.22±1.80 *
口腔		
舐める	4.28±2.02	3.87±1.70
木かじり	7.62±4.10	10.00±5.76
<i>イブキ[M]</i>		
採食	35.34±6.28	34.23±9.82
枝	27.40±5.65	24.00±9.97
景観樹	15.86±5.54	6.39±4.82 **
給餌枝	18.84±8.81	20.19±8.06
乾草	1.97±2.13	3.18±2.86
ハイキューブ	2.20±1.71	4.84±2.29
下層植生	3.77±1.70	2.22±1.80
口腔		
舐める	6.62±2.19	6.20±1.81
木かじり	5.27±2.16	10.90±3.08 **

*: P < 0.05 **: P < 0.01

採食における”景観樹””給餌枝”および
口腔行動の数値は1-0サンプリングによるもの

3.4 考察

2つの期間のTHIと給餌枝の葉の採食量に差は見られなかった。しかし、景観樹の採食行動は9月以降減少し、落葉が影響している可能性が考えられた。舐める行動では景観樹の採食行動の減少に伴った行動の増加、もしくは相関関係は認められなかった。つまり、景観樹を採食することによる舌を用いる行動の発現は、本観察では舐める行動の発現に影響を与えていない可能性が考えられた。本研究において舐める行動に差が出なかった要因としては、記録方法をそもそも常同的な舐める行動に限定せずに、一度でも舐めた場合に記録を行ったことが要因になっている可能性がある。野生のキリンでも、保護区の近隣に牧場などの柵が存在する場合には舐める行動が発現する記録がある (Innis, 1958)。ただし、この舐める行動については発現期間が限られており、何らかの資源の減少が要因となっている可能性が考えられる。例えば、キリンは死んだキリンやその他の草食動物の骨を齧る、Osteophasia と呼ばれる骨食を行うことが知られている。要因としては、急激な体の成長に伴い、骨の構成要素であるリンやカルシウムが欠乏するためと考えられ、骨食自体も樹葉の栄養が低下する冬季に最も多くなるとされている (Langman, 1978)。しかし、実際には第一胃を模した環境において骨成分はほぼ消化されず (Bredin et al, 2008)、骨食自体の機能は明らかになっていない。このミネラル補給の仮説が正しいのであれば、それを目的に柵を舐めている可能性も否定はできない。今後更なる追加調査が必要である。

一方、葉の落葉に伴い、ミライ[F1]とメイ[F2]では乾草やヘイキューブの代替餌の採食行動が増加し、それらが景観樹の採食を補っている可能性が考えられた。この変化は第2章での、採食内容の変化に沿う結果であると考えられる。一方で、イブキ[M]では代替餌の採食行動に変化は見られなかったが、木かじり行動が増加する結果となり、ミライ[F1]にも同様の増加が見られた。この2頭の木かじり行動は景観樹の採食行動と負の相関関係を示していた。ウマでは木かじり行動が粗飼料の制限により発生することが知られている

(Normando et al, 2011)。その要因と同様の変化であった可能性が考えられた。しかしながら、本来キリンは樹木採食に特化した動物である(Dagg, 2014)。また、キリンにとって樹木は、非常に好んで採食される選好性の高い飼料であり、樹木と共に大量に樹木以外の飼料（乾草など）を与えても、樹木の採食量は変化せず、その分乾草など代替の餌の採食量が減少することが明らかとなっている（Gusseck et al., 2018; Hatt et al., 2005）。その点を踏まえると、本研究での木かじり行動は、キリンにとって単純な採食行動である可能性がある。しかし、本来食物ではない木製の設備をかじることは、管理者側からすれば是正すべき行動であり、本来の餌である樹木の採食を促す飼料管理を検討することが望ましい。特に落葉期において、樹葉の採食が減少する可能性があるのであれば、それを見越した飼料管理もしくは採食エンリッチメントの実施が望ましいと考えられる。以上を踏まえ、仮説：キリンによる景観樹の採食行動の減少が、キリンの口腔行動の発現を増加させることが確認された。

第4章 キリンの採食エンリッチメントにおける非葉部位の採食評価

4.1 緒言

環境エンリッチメントの目標は、多様である。Mellen と MacPhee (2001) は、環境エンリッチメントの目標について、以下の5つを挙げている：(1)動物福祉の実現、(2)適切な親の世話による繁殖の成功、(3)慢性的なストレスの原因の特定と除去および急性ストレスに対処できる健康体の獲得、(4)異常な行動の減少と種本来の適切な行動の発現、(5)飼育下で生まれた個体の野生への再導入。これを受けて、Alligood と Leighty (2015) は、過去の環境エンリッチメントに関わる研究を調査し、以下の8つの目標が挙げられているとした：(1)常同行動の減少、(2)活動性の増加、(3)種本来の行動の増加、(4)探査行動の増加および利用範囲の増加、(5)攻撃性の増加、(6)行動の選択肢および多様性の増加、(7)社会的相互作用の増加、(8)繁殖の成功。

先に示したように、動物園のキリンの福祉を実現するために様々な工夫がされている (Fernandez et al, 2008 ; Monson et al, 2018)。一方、野生のキリンは主にアカシア属に属する樹木を採食し、(Lamprey, 1963; Ciofolo and Pendu, 2002; Parker and Bernard, 2005)、さらには樹皮や小さい二次枝の採食にも適応する (Berry, 1973; Dagg, 2014) 特殊なブラウザーと考えられている。この点において、これまで樹皮や二次枝の採食については注目されてこなかった。樹木の給餌に関する飼育下のこれまでの研究では、季節の変化により、冬に葉のない樹木を食べるように変化する一方で、採食行動の発現割合は変化しないことが示されている (Razal et al, 2017)。この先行研究での結果は、第1章での結果に沿ったものであり、特に葉の落葉する冬期での、キリンの種本来の行動を促す重要な要素である。つまり、樹葉以外の木の部分 (小枝や樹皮) はキリンの採食エンリッチメントにつながる可能性があるが、その有効性を明らかにするための定量的な調査は行われていない。

さらに、キリンの選好性については、野生下のキリンで複数の報告がある。1つは暑熱環境ではタンニンを忌避する傾向にあるとの報告がある (Furstenburg and Van Hoven, 1994)。一方で、タンパク質含量と水分含量がアカシアの選好性に影響を与えるとの結果もある (Sauer, 1983)。ただし、これらの嗜好性についてはいずれも樹葉に関する結果であり、樹皮に関する選好性はあまり調査されていない。さらに、日本の動物園で与えられている樹木はそれぞれの地域で入手しやすいものが主であり、キリンにおける、それら日本在来樹木の樹皮への選好性の有無が存在するのかは明らかでない。

そこで本研究では、葉の無くなる冬期におけるキリンの種本来の行動の発現を目的に、採食エンリッチメントにおける樹葉以外の採食に焦点を当て、以下の3つの仮説を設定した：(1)キリンによる枝の非葉部分の採食が、種本来の採食行動として機能している、(2)キリンは樹種ごとに樹皮に対する選好性がある、(3)選好性が存在するとすれば、樹皮の採食の違いが採食行動の発現量に影響を与える。

4.2 材料及び方法

4.2.1 動物と飼育管理

グラウンドではキリンとグレビーシマウマが混合展示されており、周囲はフェンス（高さ 3m）と来園者通路によって囲まれていた（図 2.1）。供試個体および展示条件は第 3 章と同様である。また、展示時間中は樹木給餌に加えて、ルーサン乾草（自由採食）とヘイキューブ（アルファルファ：制限採食）が与えられていた。これらの餌と給餌された樹木は、物理的な高さからグレビーシマウマによって採食されることはなかった。水は池と飲水用のバケツから自由に飲水が可能であった。

4.2.2 樹木給餌

樹木給餌の条件は第 3 章と同様であった。樹木には 8 種類の樹種を用いた（表 4.1）。キリンの樹皮に対する嗜好性を調べるため、事前に 3 名の飼育員から、キリンが日常的に各樹種の樹皮を食べるか、聞き取りを行った（表 4.1）。樹木は給餌前に重量を測定し、キリンが樹皮を採食する樹種と採食しない樹種の合計重量に偏りが出ないように調整した。また、毎日少なくとも 3 種類の樹木を同時に給餌した。

表 4.1 給餌樹木に関する飼育員のアンケート結果

樹種名 (学名)	特性	樹皮の嗜好性
シラカシ (<i>Quercus myrsinifolia</i>)	常緑	無し
サクラ (<i>Prunus yedoensis</i>)	落葉	有り
エノキ (<i>Celtis sinensis</i>)	落葉	無し
トウネズミモチ (<i>Ligustrum lucidum</i>)	常緑	有り
ケヤキ (<i>Zelkova serrata</i>)	落葉	無し
アキニレ (<i>Ulmus parvifolia</i>)	落葉	有り
ニセアカシア (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	落葉	有り
ヤマモモ (<i>Morella rubra</i>)	常緑	有り

4.2.3 観察手法

観察期間は、景観樹の状態から、緑葉期（2019年5月8日～8月16日）と落葉期（10月22日～2020年2月19日）の2期に分けた。緑葉期は、景観樹のうち落葉樹の葉が緑色の期間と定義し、落葉期は、落葉樹の葉が変色または落葉した期間とした。観察は、毎月3～6日間実施し、各期間ともに17日間となった。観察時間は、9:00～11:00、11:10～13:10、13:30～15:30とした。観察者の視野内にいるすべてのキリンの行動を記録するため、1分間隔で直接目視による個体追跡サンプリングを用いた。本研究では、キリンの樹木に関わる採食行動に焦点を当てたため、主な記録行動は採食（餌の摂取と咀嚼：植生；樹木と下層植生、乾草飼料；ルーサン干草、ヘイキューブ）と反芻（胃内容物の吐き戻し、咀嚼、嚥下）で、その他の行動はすべて "other" として、瞬間サンプリングで記録した。また、餌の種類（景観樹または給餌樹木）、樹種、木の部位（葉、小枝、樹皮）を1分間隔の1-0サンプリングで記録した。なお、キリンの採食部位については以下の3種類に分けて記録を行った：①葉の採食：舌を葉や小枝に巻きつけて摂餌する、②小枝の採食：口唇を用いて小枝を採食する、③樹皮の採食：歯を用いて樹木の樹皮を削って採食する（なお、本研究では分枝を繰り返してできる末端の数次の枝を小枝とした）。

4.2.4 統計

すべての統計解析は個体ごとに行った。行動発現割合と樹木の摂食頻度はウィルコクソンの符号付順位和検定を用いて分析した。樹種のデータは対象とした各観察期間において、3回以上提示された樹種を統計解析に採用し、緑葉期はニセアカシア、サクラ、シラカシ、落葉期はニセアカシア、アキニレ、ヤマモモ、トウネズミモチ、エノキ、シラカシのデータを分析した。また、給餌する樹木の重さを統一しても、与える葉の量を統一することは困難である。そのため、キリンによる各樹種の樹皮採食度合いを数値化するにあたり、各樹種1日当たりの樹皮の採食行動の発現数を、給餌した各樹種の1日当たりの採食

行動の総発現数で割り（以下、樹皮採食比とする）、比較を行った。また、給餌量 1kg あたりどれほどキリンの採食行動を引き出すかを調べるため、各樹種の採食行動の総発現数を給餌量で割り、1kg 当たりの採食行動発現スコアとして算出し、比較を行った。樹皮採食比の比較は steel-dwass の方法を用いて分析した。すべての統計解析は Statcel4 (OMS Publishing, Saitama, Japan)を用いて行った。すべてのデータは 95%信頼区間において調査した。

4.3 結果

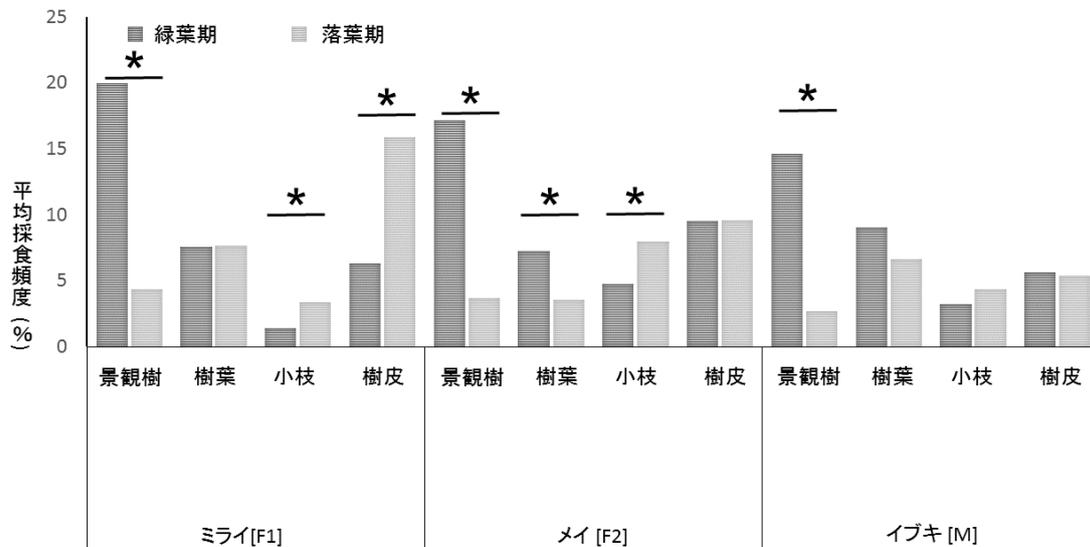
落葉期の全体の採食行動には、メイ[F2]を除いて有意な変化は見られなかった（ミライ[F1]: $P = 0.54$, メイ[F2]: $P < 0.05$, イブキ[M]: $P = 0.38$, 表 4.2)。全個体で、落葉期には枝の採食が有意に減少し（ミライ[F1]: $P < 0.05$, メイ[F2]とイブキ[M]: $P < 0.01$ ）、全てのキリンで乾草の採食が有意に増加した（ミライ[F1]とメイ[F2]: $P < 0.01$, イブキ[M]: $P < 0.05$ ）。ヘイキューブの採食はミライ[F1]とメイ[F2]で有意に増加した（ミライ[F1]とメイ[F2]: $P < 0.01$, イブキ[M]: $P = 0.13$ ）。下層植生の採食はメイ[F2]とイブキ[M]で有意に減少した（ミライ[F1]: $P = 0.11$, メイ[F2]とイブキ[M]: $P < 0.01$ ）

枝の採食について詳細に確認すると、全てのキリンで、景観樹の採食頻度が落葉期に有意に減少した($P < 0.01$, 図 4.1)。また、ミライ[F1]とイブキ[M]で、落葉期には給餌する樹木の葉の採食頻度が有意に減少しなかった(ミライ[F1]: $P = 0.39$, メイ[F2]: $P < 0.01$, イブキ[M]: $P = 0.12$)。さらに、ミライ[F1]とメイ[F2]は、落葉期における給餌する樹木の小枝の採食頻度に有意な増加見られた(ミライ[F1]とメイ[F2]: $P < 0.01$, イブキ[M]: $P = 0.33$)。また、ミライ[F1]のみ、落葉期の給餌する樹木の樹皮の採食頻度に有意な増加が見られた(ミライ[F1], $P < 0.01$, メイ[F2], $P = 0.92$, イブキ[M], $P = 0.81$)。いずれのキリンも落葉期における反芻行動等の発現に有意な変化は見られなかった(反芻:ミライ[F1]: $P = 0.13$, メイ[F2]: $P = 0.55$, イブキ[M]: $P = 0.07$, その他: ミライ[F1]: $P = 0.37$, メイ[F2]: $P = 0.26$, イブキ[M]: $P = 0.87$)。

表 4.2 行動発現割合の変化

行動	緑葉	落葉	df	T
ミライ[F1]				
採食 (%)	33.43±9.87	36.57±7.98		63.5
枝 (%)	28.83±9.55	21.36±6.07 *		26.5
乾草 (%)	2.48±3.12	8.30±6.04 **		22
ハイキューブ (%)	0.96±1.99	5.81±1.90 **	33	2.5
下層植生 (%)	1.11±1.05	0.63±0.93		32
反芻 (%)	11.45±5.91	9.25±5.99		39
その他 (%)	58.84±9.50	56.41±9.31		57.5
メイ[F2]				
採食 (%)	35.47±5.71	30.83±7.97 *		33.5
枝 (%)	27.92±6.46	19.51±7.21 **		3.0
乾草 (%)	2.16±1.89	5.60±3.19 **		14
ハイキューブ (%)	1.93±1.50	6.20±1.52 **	33	1
下層植生 (%)	3.46±1.68	1.09±1.35 **		10
反芻 (%)	11.00±6.73	13.69±6.79		64
その他 (%)	55.16±10.00	56.77±8.30		46
イブキ[M]				
採食 (%)	36.99±7.72	35.93±7.51		58
枝 (%)	23.53±7.27	14.78±5.91 **		18
乾草 (%)	8.46±5.36	14.77±8.22 *		35
ハイキューブ (%)	3.04±2.63	4.44±1.90	33	44.5
下層植生 (%)	2.25±1.19	0.71±0.58 **		11
反芻 (%)	7.74±3.93	9.68±5.52		38
その他 (%)	56.11±7.83	54.88±9.57		73

df: 自由度、T:検定統計量T、*: P < 0.05、**: P < 0.01



* 図中「樹葉」「小枝」「樹皮」は給餌樹木の利用を示す。

図 4.1 平均樹木採食頻度の変化

期間ごとにおける各樹種の樹皮採食比を図 4.2 に示す。緑葉期において、ニセアカシア、サクラと比較して、シラカシは有意に樹皮採食比が低い結果となった ($P < 0.01$)。さらに、落葉期においては、ニセアカシア、アキニレ、トウネズミモチ、ヤマモモ、エノキ、シラカシの順に樹皮採食比が高かった。特にニセアカシア-ヤマモモ、ニセアカシア-トウネズミモチ、ニセアカシア-エノキ、ニセアカシア-シラカシ、トウネズミモチ、アキニレ-シラカシ、ヤマモモ-シラカシ、トウネズミモチ-シラカシ間にも有意差 ($P < 0.01$) がみられた。また、アキニレ-トウネズミモチ、アキニレ-エノキ、ヤマモモ-エノキ、トウネズミモチ-エノキ間に有意差 ($P < 0.05$) がみられた。給餌量 1kg 当たりの採食行動発現スコアを図 4.3 に示す。緑葉期において、ニセアカシアは他 2 種 (サクラ、シラカシ) に比べ、有意に ($P < 0.01$) 採食行動の発現数が多かった。一方、落葉期ではニセアカシアは他 5 種よりも有意に摂餌発現数が多く ($P < 0.01$)、アキニレはネズミモチ ($P < 0.05$)、シラカシ ($P < 0.01$) と比べ発現回数が有意に多かった。その他樹種間では有意差は見られなかった。

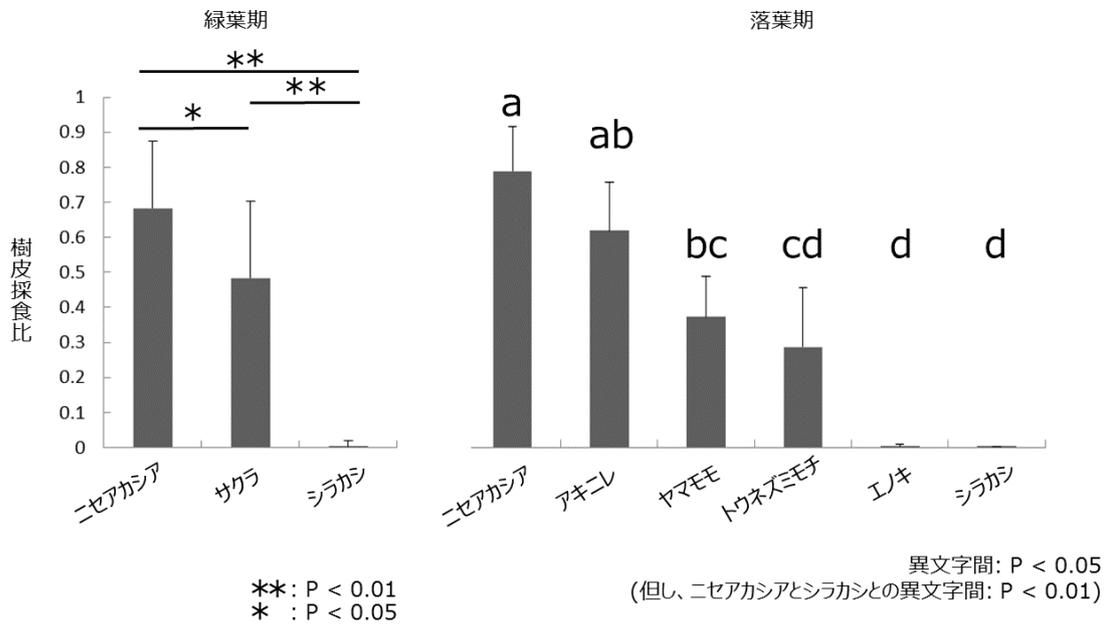


図 4.2 樹皮採食比の比較

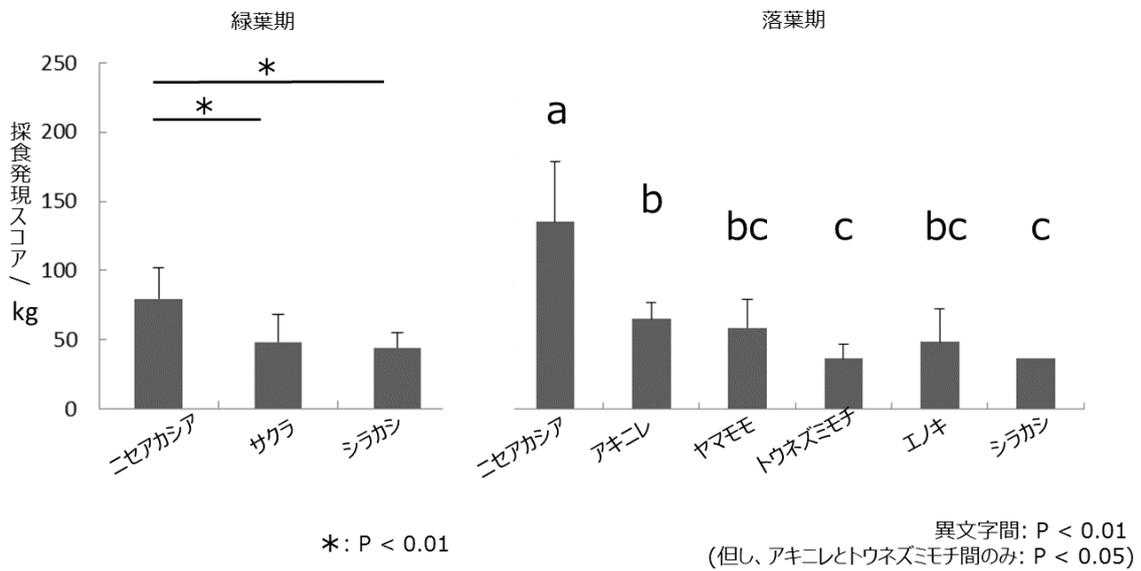


図 4.3 1kg 当たりの採食発現スコアの比較

4.4 考察

落葉期には、全てのキリンで枝の採食頻度が減少し、乾草の採食頻度が上昇した。ミライ[F1]とメイ[F2]では、ヘイキューブの採食が増加し、下層植生の採食が減少した。これらの結果と同様に、ミライ[F1]とメイ[F2]では、給餌樹木における小枝や樹皮の採食頻度が増加した。したがって、先行研究 (Razal et al., 2017) で見られたように、小枝や樹皮等の非葉の採食が採食時間を補った可能性がある。つまり、仮説(1)キリンの非葉部分の採食が、種本来の行動の維持に寄与している、を支持していると考えられた。落葉期には、種本来の行動の発現のための採食エンリッチメント (Fernandez et al, 2008) の実施がより重要になると考えられる。

このような季節変化を考えると、樹皮や小枝を利用する樹種の提供は、秋から冬にかけてのキリンの種本来の行動を引き出すために重要である可能性がある。ここで、樹皮採食比を比較すると、緑葉期ではシラカシの樹皮採食比が他の2種に比べ低く、落葉期でも樹種間で樹皮採食比に差がある結果となった。つまり、仮説(2)樹皮に対して選好性が存在している、を支持すると結果と考えられた。この選好性は、景観樹の採食量に関わらず見られ、特にニセアカシアは葉の有無にかかわらず積極的な樹皮の採食が観察された。特に落葉期に関しては、葉の無い枝の給餌であったが、提示された6種の中で最も高い給餌量1kg当たりの平均スコア 150.1 ± 48.4 の採食行動の発現が記録された。また、アキニレについてもシラカシやネズミモチに比べ樹皮の採食発現回数が多く記録された。断片的なデータではあるが、樹皮の栄養学的な調査において同時に比較を行った12種類の樹種 (トネリコ、ブナ、カバノキ、ハシバミ、シデ、シナノキ、カエデ、カシ、アカナラ、ニセアカシア、ヤナギ) のうち、ニセアカシア (142.0g/kgDM) とニレ (81.0g/kgDM) の粗タンパク質 (CP) の含有量が高いことが明らかとなっている (Gusseck et al, 2016)。野生のキリンにおけるアカシアの採食に関する研究では、水分含量と同時にタンパク質含量の変

化が採食度合いに影響を与えるとされており (Sauer, 1983)、タンパク質含量の高さがキリンの樹皮採食を促した可能性が考えられた。

一方、落葉期のエノキ及び全期間のシラカシは樹皮を採食することは稀であり、樹皮への選好性が低い可能性が考えられた。キリンの葉に対する選好性については、タンニンを忌避する傾向があるとされている (Furstenburg and Van Hoven, 1994)。一方で、反芻動物はタンニンに結合するタンパク質を唾液内に有することが知られている (Robbins et al, 1987)。これらの生理学的なシステムを含め、樹種の栄養学的な成分と選好性のかかわりについて詳細な調査が今後必要である。

これらの結果をまとめると、樹皮採食比が多いニセアカシアとアキニレは採食行動の発現頻度が高く、一方樹皮採食比の低いエノキやシラカシは採食行動の発現頻度が低い結果となった。そもそも給餌する葉の量自体が統一されていないため、採食発現頻度にばらつきが出ている可能性も考えられるが、樹皮を採食する樹種を給餌すると、採食行動の発現頻度が増加する可能性が考えられた。つまり、仮説(3) 樹皮の採食の違いが採食行動の発現量に影響を与えている、を支持する結果と考えられた。つまり、キリンが葉だけでなく樹皮を採食する樹種を選択的に給餌することで、樹皮の採食行動を誘発させることができ、種本来の採食行動をより長く発現させることができると考えられる。言い換えると、このような樹種の給餌により、飼育下のキリンの採食環境の改善を図ることができると考えられた (Mellen and Sevenich Macphee, 2001)。図 4.1 に示した通り、冬期におけるキリンの飼育環境においては、落葉により樹葉の採食行動が発現しづらくなる状況にある。その改善策として、本研究は有用な知見を提供したと考えられる。なお、今回の結果については、同時に樹皮の栄養学的な調査を行っていないため、樹種の各栄養成分がキリンの選好性に与える影響については、今後更なる調査が必要である。

このように第 4 章では、非葉部位を採食する樹種を選択的に給餌することで、種本来の行動を効果的に引き出すことができ、冬期におけるキリンの採食環境を改善することがで

きると考えられた。一方、冬期には落葉以外の課題が考えられ、第1章から第3章では寒冷化によるキリンへの負担が懸念されている。そこで第5章では、寒冷気候における飼育環境の向上を目的に観察を行った。

第5章 寒冷期における飲料温水の提供がキリンの行動に与える影響

5.1 緒論

キリンは、保全や教育などの目的で、世界中の動物園でさまざまな環境で飼育されている。これらの目的を達成するために、動物園の技術者はエンリッチメントフィーダーの導入 (Fernandez et al., 2008) や飼料部分の増加 (Monson et al., 2018) など、キリンの飼育環境を改善するために様々な工夫を行っている。キリンはそもそもアフリカ原産の動物である (Muller et al, 2018)。そのため、キリンを寒い環境で長期間飼育することは、生理学的に困難である可能性が示唆されている (Clauss et al, 1999)。温帯地域でのキリンの剖検に関する先行研究では、脂肪組織の損失 (lipoatrophy) が死因となり、低温への曝露が関連する理由として含まれていた (Clauss et al, 1999; Potter and Clauss, 2005; Yong, 2010)。その結果、現在キリンの飼育には最低 16°C の室内温度が推奨されている (EAZA Giraffe EEP, 2006)。また、キリンはもともと樹葉を主食としている (Lamprey, 1963; Ciofolo and Pendu, 2002; Parker and Bernard, 2005)。冬になると落葉樹の葉がなくなるため、温帯のキリン飼育施設では適切な餌を提供することが難しくなる (EAZA Giraffe EEP, 2022)。キリンの水分摂取は新鮮な植物に依存していると言われており (Dagg, 2014)、木の葉の消失は水分摂取に影響を与える可能性がある。

その中で、キリンに温水を提供することは、寒冷下での動物園の飼育環境の改善につながる可能性がある。例えば、寒冷環境におけるウシの飲水温度に関する研究では、温水を与えることで体温が上昇する可能性が示唆されている (Golher et al., 2015)。さらに、飲水行動と水温に関する研究では、ウシは季節に関係なく冷水よりも温水を好むことが示されている (Wilks et al, 1990; Osborne et al, 2002)。水分補給は反芻動物にとって重要な要素の一つであり (Gordon, 1965)、おそらくキリンも同様であると考えられる。水は反芻動物の生理学において、オーバーヒートの防止 (Bianca, 1964)、唾液分泌 (pH 調

整)、反芻胃内の浸透圧調整(反芻動物の微生物の環境維持)(Silanikove, 1992)など重要な役割を果たす。また National Research Council (2001) は、水分摂取量と乾物摂取量の間には正の関係があることを報告している。そして水不足は反芻動物の採食量を減少させ(Langhans et al, 1991 ; Burgos et al, 2001)、温湿度指数(THI)が 67.2 を超えると水分摂取量が増加し、下回ると減少する臨界点があることが示されている(Arias and Mader, 2011)。

野生のキリンの飲水に関する研究では、大量に水を飲む個体と全く飲まない個体がいるとする観察結果がある(Foster and Dagg, 1972)。一方で、キリンは新鮮な植物を摂取することで必要な水分を補うことができるため、脱水に強いと考えられている(Dagg, 2014)。ヨーロッパ動物園水族館協会(EAZA Giraffe EEP, 2006)の飼育マニュアルでは、1日に7.5リットルを飲むことができるとされている。また、ある動物園で行われた調査では、暑熱環境下で成獣1個体が1日に約45Lの水を飲んだと報告されている(Dagg, 2014)。このような報告がある一方で、アメリカ動物園水族館協会(Burgess, 2004)やヨーロッパ動物園水族館協会(EAZA Giraffe EEP, 2006)が発行する飼育マニュアルでは、「常に水があるべき」という最低基準を定めているだけである。しかしながら、寒冷な環境がキリンの飲水に影響を与えるかどうかは不明である。そこで、本研究では、寒冷環境下におけるキリンの飲水について新たな情報を得るとともに、仮説(1)キリンは冬期に温水を飲む、仮説(2)温水設置はキリンの寒冷ストレスを軽減することができる、を明らかにすることを目的に行動観察を実施した。

5.2 材料及び方法

5.2.1 動物および飼育環境

京都市動物園の飼育施設、アフリカの草原、キリン・シマウマ混合展示グラウンドにおいて、血縁のない3頭のキリンを観察した。供試個体、展示条件、給餌条件は第2章と同様である。なお、京都の11月から3月の平均気温は5~13°Cで、ヨーロッパ動物園水族館協会(2006)の外気推奨基準温度(12°C)を下回る日もあった。対象とした動物園では、キリンの屋外放飼について、明確な最低気温の基準は設けていなかったが、寒さで個体が震えている場合には、屋内に收容するなどの対策を行っていた(なお観察日には、そのような事象は起きなかった)。

キリンはグラウンド内にある水飲みバケツ(ポリカーボネート製、12.7L、図5.1および5.2a)や池から自由に水を飲むことができた。また、柵や設備の屋根にできた水たまりを舐めることもあった。バケツが空になれば、補給される(通常1日1~2回)が、冬場は1日1回以下の給水であった。水飲みバケツの水温は平均 $2.25\pm 2.42^{\circ}\text{C}$ 、池の水温は平均 $4.00\pm 1.63^{\circ}\text{C}$ (水温はキリンの放飼前に記録)であった。バケツの水は水道水、池の水は疎水(河川)の水が供給されていた。

給餌する樹木の種類は日毎で異なった。樹木の給餌については第2章と同様であり、樹種は1カ所につき1種のみ使用した。使用した樹種は、トウネズミモチ、シラカシ、ヤマモモ、ニセアカシアの4種であった。

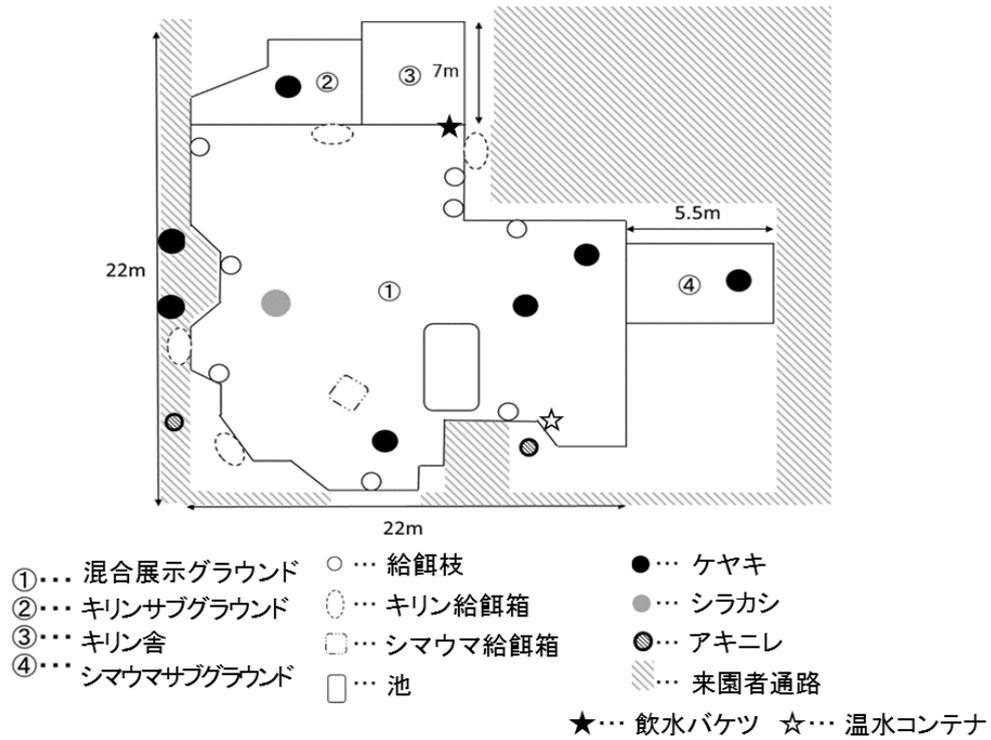


図 5.1 飲水容器の設置場所

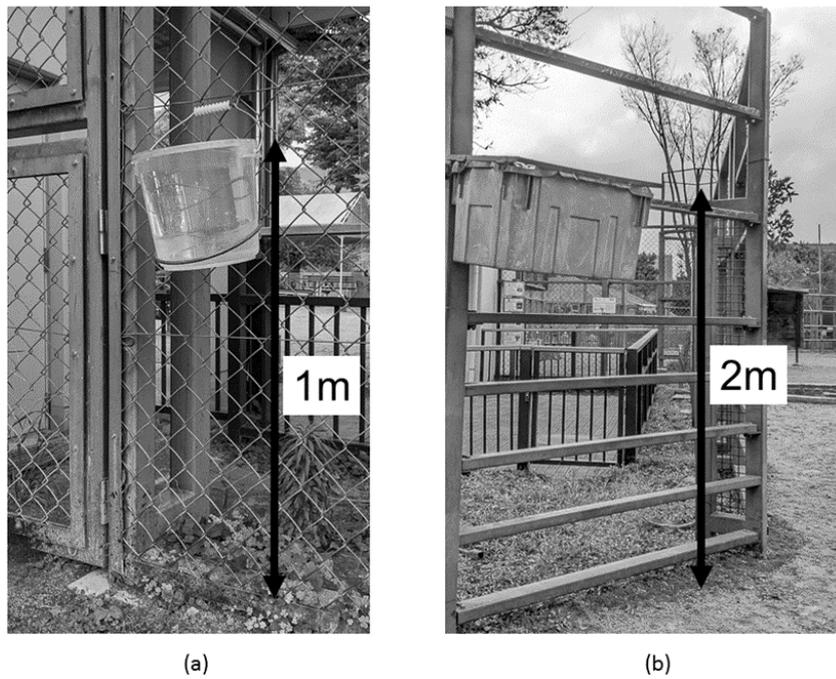


図 5.2 飲水容器の写真

5.2.2 観察手順

コントロール期間は、2019年11月30日～2020年1月16日（7日間）、2020年2月13日～2月19日（4日間）、2020年12月17日～2021年1月10日（6日間）であった。温水供給期間は、2020年1月21日～2月4日（5日間）、2020年2月27日～3月7日（4日間）、2021年1月14日～2021年1月29日（4日間）であった。温水供給期間中は、毎日キリンに温水が供給された。各期間は、互いの処理の影響を避けるため、少なくとも4日以上の間隔をあげ、温水供給期間の観察開始前には3日間の温水設置期間を設け、コントロール期間の観察開始前に3日間の温水未設置期間を設けた。観察は1～5日おきに行った。雨の日や雌の発情期の観察は、行動傾向に影響を与える可能性があるため、最終的なデータセットから削除した。また、通常量以外の樹葉が与えられた日は、与える樹葉の量がキリンの行動に影響を与える可能性があるため、観察データから除外した。さらに、観察個体のうち1頭（メイ[F2]）が2021年2月10日に出産した。出産間近の期間は採食行動に影響を与える可能性があるため、出産2週間前のデータは除外した。その結果、対象となった観察日数は、共に9日間となった。

温水はキリン舎の隣にあるカバ（*Hippopotamus amphibius*）舎からバケツで運び、約2mの高さの柵に取り付けられたコンテナ（TK-110-GY、トラスコ中山株式会社；400mm(H), 709mm(W), 501mm(L)）に入れた（図5.1および5.2b）。なお、温水への選好性調査を主目的にしていなかったため、通常の水飲みバケツ（図2a）とは、あまりサイズを考慮せず、温水設置のコンテナを設定した。水温は水を足し、約37°Cに調整した。9:00にキリンを放す前に容器に温水（60L）を加え、13:20にさらに温水40Lを加えて水量を維持した。観察後、容器内に残っている水の量を測定した。ただし、量を測定する際に、容器内に残っている水の温度は測定しなかった。

本研究では、温度指標として温湿度指数（THI）を採用した。算出方法は第3章と同様である。観察は9:00-11:00、11:10-13:10、13:30-15:30に行い、瞬間サンプリングと1-0

サンプリングを併用した。飲水量の変化が採食行動と口腔行動（キリンの問題行動の一種）に及ぼす影響を調べるため、主な記録行動は採食（餌：樹木、ルーサン乾草、ヘイキューブ、下層植生の摂取と咀嚼）、反芻（歩行せずに、胃内容物の吐き戻し、咀嚼、飲み込み）、および口腔行動であった。その他の行動はすべて "その他" として記録した。口腔行動では、柵舐め（餌以外の柵、壁、屋根などを舌で舐める）、水たまり舐め（柵などの水たまりを舌で舐める）、木舐め（食べ物以外の木製の設備を舌で舐める）、木かじり（木製の設備を齧る）、舌遊び（口の中で小枝や下層植生を飲みこまず、舌で操作する）の 5 種が記録されたが、特に発現が顕著であった舐める行動と木かじり行動を対象とした。採食行動では、採食している餌の種類（樹木、ルーサン乾草、ヘイキューブ、下層植生）も記録した。これらの記録は個体追跡（瞬間）サンプリングとし、観察者の視野内にいるキリンの行動（採食、反芻、口腔行動、その他）を記録した。一方、1-0 サンプリングは、瞬間サンプリングではその発現が記録できない可能性があるような短時間の行動に対して使用されるサンプリング手法である。飲水行動は、口先を水面につけて水を吸うことと定義した。この飲水行動と同時に、飲水場所（飲水バケツ、グラウンドの池、温水容器）、樹木の採食（採食部位：葉、小枝、樹皮も含めて記録）、反芻行動（歩行中の反芻を含む）、口腔行動を 1 分間隔の 1-0 サンプリングで記録した。すべての記録はすべての観察日に同時に行った。瞬間サンプリングの結果は全瞬間観察回数に対する割合で、1-0 サンプリングの結果は 1 日あたりの全バウトに対する割合で計算を行い、統計解析に使用した。本研究は、実施前に京都市動物園倫理委員会により承認された（KCZ-2020-021）。

5.2.3 統計解析

コントロール期間と温水設置期間の環境温度と THI の差をマンホイットニの U 検定、コントロール期間と温水設置期間のキリンの行動（飲水回数、採食回数など）をウィルコクソンの符号付順位和検定により比較した。すべての統計解析は、Statcel4（オーエムエ

ス出版、日本、埼玉県) を用いて行った。すべてのデータは平均値と 95%信頼区間で示した。

5.3 結果

THI は、コントロール期間と温水設置期間で有意な差はなかった (THI ; コントロール期間 : 52.42 ± 6.19 , 温水設置期間 : 53.47 ± 6.23 : 53.47 ± 6.23 , $P = 0.64$)。

各キリンの 1 日あたりの飲水観察回数の平均を図 5.3 に示す。1 日あたりの温水の飲水回数は、ミライ [F1] が 4.55 ± 2.24 回、メイ [F2] が 6.33 ± 2.06 回、イブキ [M] が 3.89 ± 6.90 回であった。温水期間中の温水消費量は、3 頭合わせて 1 日平均 $69.16 \pm 9.54L$ であった。観察個体のうち、ミライ [F1] は温水設置により飲水場所の使用頻度に有意な変化は見られなかった。一方、メイ [F2] とイブキ [M] はバケツと池のからの飲水頻度が有意に減少した (メイ [F2]、バケツ: $P < 0.05$ 、池: $P < 0.05$; イブキ [M]、バケツ: $P < 0.05$ 、池: $P < 0.05$)。温水期間中の総飲水回数は、コントロール期間と比較して、ミライ [F1] が有意に増加した ($P < 0.01$)。メイ [F2] とイブキ [M] の総飲水回数は、有意に変化しなかった (メイ [F2] : $P = 0.40$ 、イブキ [M] : $P = 0.85$)。

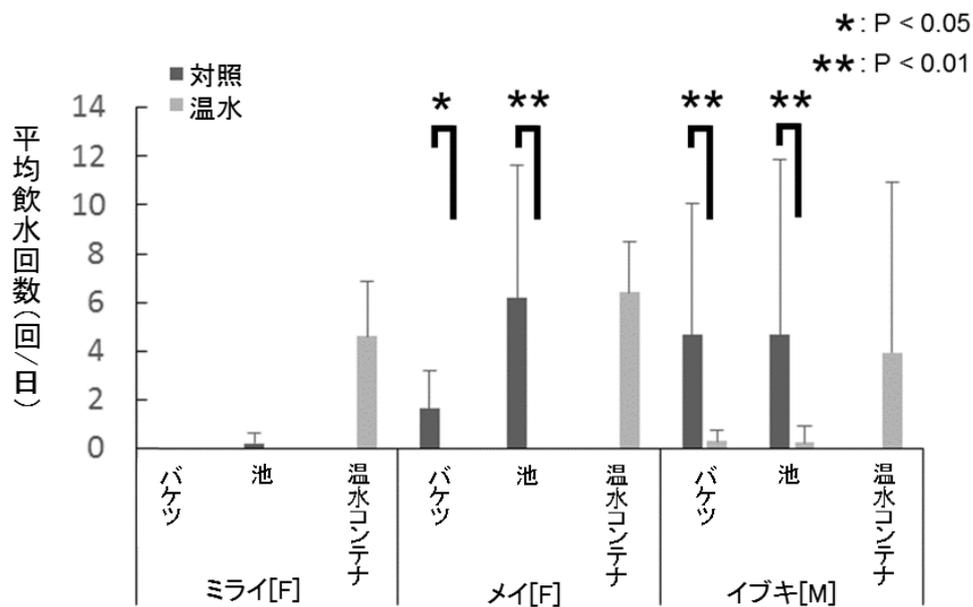


図 5.3 各期間の飲水回数と場所の変化

時間帯ごとの飲水回数の合計を図 5.4 に示す。コントロール期間では 12 時にピークが形成されたが、温水期間では 9 時にピークが形成された。両期間を比較すると、温水期間では 9:00 ($P < 0.05$) に有意に増加し、12:00 ($P < 0.05$) に有意に減少した。

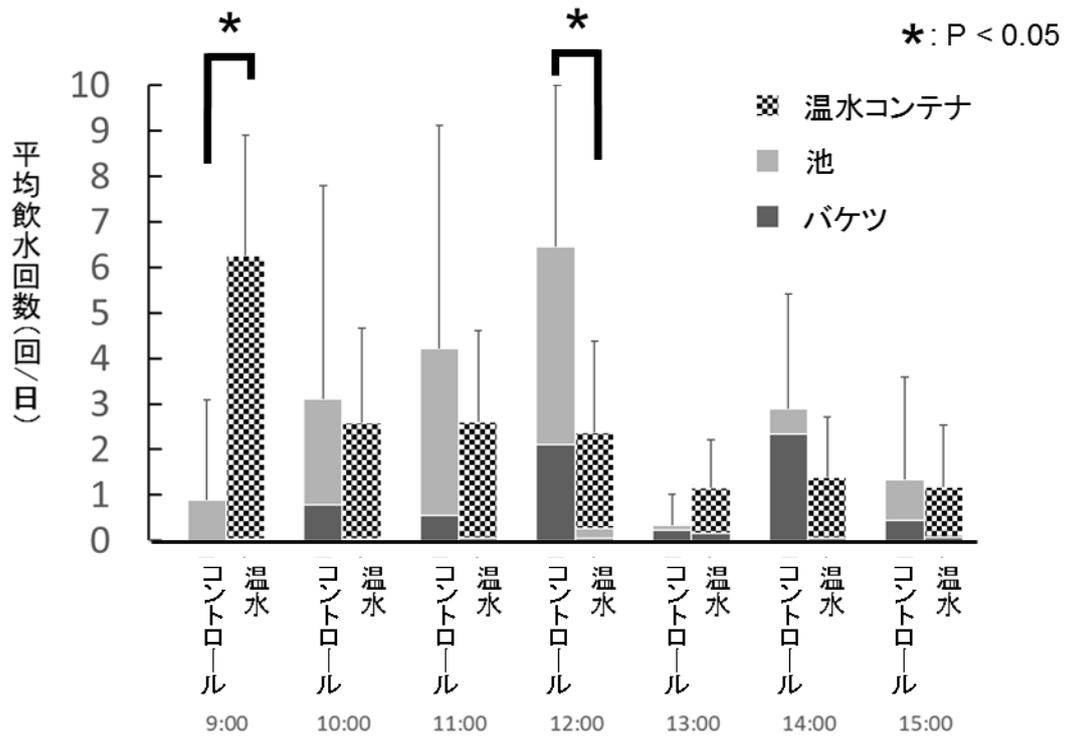


図 5.4 時間帯ごとの飲水回数の変化

2つの期間での行動発現割合を表 5.1 に示す。葉の採食 (1-0 サンプルング) については、コントロール期間と温水設置期間で有意な差は見られなかった (ミライ [F1]: $P = 0.48$, メイ [F2]: $P = 0.26$, イブキ [M]: $P = 0.21$)。また、小枝と樹皮の採食にも有意な差はなかった (小枝: ミライ [F1]: $P = 0.85$, メイ [F2]: $P = 0.85$, イブキ [M]: $P = 0.08$; 樹皮: ミライ [F1]: $P = 0.55$, メイ [F2]: $P = 0.32$, イブキ [M]: $P = 0.10$)。ミライ [F1] では、温水設置期間に飲水行動のみ有意な増加が見られた ($P < 0.05$)。メイ [F2] では、温水設置期間に樹木以外の採食行動が有意に増加 ($P < 0.05$) し、ヘイキューブの採食行動が有意に増加した ($P < 0.05$)。また、口腔行動では、1-0 サンプルングによる舐める行動に有意な減少が見られた ($P < 0.05$)。イブキ [M] では、温水供給期間に瞬間サンプルングによる反芻行動が有意に増加し ($P < 0.05$)、口腔行動の舐める行動に有意な減少が見られた ($P < 0.05$)。

表 5.1 行動発現割合の変化

個体 期間	ミライ [F1]		メイ [F2]		イブキ [M]	
	コントロール	温水	コントロール	温水	コントロール	温水
採食行動	39.85±8.64	39.90±7.39	27.22±4.37	36.67±9.27	36.88±6.65	37.16±5.33
樹木	24.72±5.25	21.54±6.63	16.00±4.80	20.00±8.32	13.42±2.26	13.48±5.96
葉(1-0)	10.66±3.01	9.44±4.13	7.25±4.44	5.18±1.09	10.00±2.21	8.11±1.91
小枝(1-0)	2.83±1.59	2.65±1.37	7.96±2.21	8.27±2.78	2.99±1.87	1.75±1.25
樹皮(1-0)	18.45±6.09	15.96±7.90	8.27±2.78	10.86±3.95	6.11±4.36	8.43±3.97
樹木以外	15.12±5.26	18.36±4.17	10.86±3.63	16.91±5.05 *	23.45±7.27	23.67±4.95
乾草	8.67±3.83	10.86±4.02	4.22±3.18	7.28±3.20	17.99±7.69	19.84±5.16
ヘイキューブ	5.49±1.93	6.94±1.17	5.83±1.30	8.42±2.35 *	4.72±1.60	3.42±1.13
下草	0.96±1.96	0.56±0.57	0.80±0.56	1.20±1.30	0.74±1.11	0.40±0.61
飲水(1-0)	0.00±0.12	1.2±0.62 *	2.31±1.61	1.76±0.57	2.81±3.10	1.63±0.60
反芻行動	13.67±4.63	12.03±5.26	15.15±5.29	12.43±5.75	6.48±2.02	9.84±2.69 *
反芻(1-0)	17.93±4.51	17.34±6.13	22.25±4.16	19.32±4.60	19.48±6.25	19.41±5.27
口腔行動	22.28±7.12	21.54±6.12	8.30±2.84	10.43±5.14	7.99±3.44	6.33±2.66
口腔行動(1-0)	33.61±8.30	34.35±6.33	16.20±5.25	13.21±4.34	16.20±5.25	13.21±4.33
舐める行動 (1-0)	26.57±8.56	22.44±4.88	9.51±3.17	6.73±1.94 *	10.59±4.49	6.76±3.18 *
水たまり舐め(1-0)	1.54±1.77	1.08±1.91	3.40±3.77	0.83±1.67	3.06±3.38	0.56±1.03
木齧り(1-0)	6.91±7.58	11.57±6.39	4.91±3.92	9.41±4.68	5.25±4.17	5.59±2.78
その他	24.20±4.90	26.51±6.08	49.07±7.91	40.24±7.87	48.64±7.02	46.67±4.76

(1-0)の付く項目は、1-0サンプルングによる記録データを示す。

5.4 考察

温水設置期間に3頭が7時間あたりで消費した温水量は平均約70Lであった。つまり、仮説(1)キリンは冬期に温水を飲む、が確認された。先行研究におけるキリン成獣1頭あたりの飲水量は1日あたり45Lであった(Dagg, 2014)。単純な比較はできないが、1時間あたりの1頭あたりの飲水量は、先行研究の飲水量より多い可能性があった。

一方で、コントロール期間と温水設置期間のキリンの飲水行動には、個体差があった。ミライ[F1]は、温水期間期間に飲水回数の合計が増加した。一方、メイ[F2]とイブキ[M]では、温水設置後も総飲水回数に変化は見られなかった。しかし、この2頭によるバケツや池からの飲水は温水設置期間に減少し、冷水を供給する場所からの飲水はほとんど見られなくなった。しかし、この変化について懸念されるべきは、飲料容器の形状である。通常、キリンが屋外で水を飲むために使用しているバケツの形状と、今回設置した容器の形状は大きく異なっていた。ウシの先行研究では、表面積の大きなバケツから水を飲むことを好むとされる(Teixeira et al, 2006)。この違いがキリンの飲水行動に影響を与えた可能性が考えられた。しかし、飲水の時間帯は、温水設置直後の9時にキリンの飲水回数が増加した。つまり、冬期においてキリンが温水に選好性を示した可能性が考えられ、温水設置がキリンの飲水行動を変化させたと考えられた。このような選好性はウシでも観察されている(Wilks et al, 1990)。また、冷水は反芻動物の胃内の温度を下げ、胃内微生物の活動に影響を与えるが、温水はこれを起こさず、エネルギー損失を抑えるとされる(Bewley et al, 2008; Petersen et al, 2016)。本観察結果だけでは具体的に温水に嗜好性を示す理由は明確にはできないが、キリンもウシと同様に温水を好む可能性が考えられた。さらに、コントロール期間と温水設置期間で葉の採食に差は見られなかったが、1頭(メイ[F2])で樹木以外の採食行動が増加し、特にヘイキューブの採食が増加した。また、その他の個体では変化は見られず、採食行動は維持されていたと考えられた。反芻動物を対象としたこれまでの研究では、水分摂取量と乾物摂取量の間に関係があることが報告されてい

る (National Research Council, 2001)。つまり、温水の設置によって少なくとも飲水量は減少した可能性は考えられなかった。つまり、ミライ [F1]での飲水回数の回復、メイ [F2]とイブキ [M]における冷水の飲水回数の減少、採食行動の維持もしくは増加、これらの結果を踏まえると、温水の設置によりキリンの水分摂取量を増加させた可能性が考えられた。なお、ミライ [F1]では冷水の供給場所 (バケツや池) の利用頻度に大きな変化は見られなかったが、これはそもそもコントロール期間において池やバケツの水を飲む頻度が少なかったためと思われる。キリン自身が乾燥に強いため (Dagg, 2014)、ミライ [F1]は寒冷期の日中に水を飲む回数が少ない状態で生活していたと考えられた。

また、ストレス指標の1つである口腔行動に目を向けると、メイ [F2]とイブキ [M]では口腔行動のうち、舐める行動が減少した。先行研究では、寒冷環境下では口腔行動の発現頻度が上昇する可能性も報告されている (Siciliano-Martina and Martina, 2018)。しかし本章では、コントロール期間と温水設置期間の間で THI に差は見られなかった。一般的な常同行動は、ストレスやフラストレーションが起因となって発現されると考えられている (Mason, 1991)。ウシの先行研究では、寒冷気候で飼育するウシの個体群で、温水を飲ませることにより直腸温の上昇につながったとの結果がある (Golher et al., 2015)。また、同様にウシに温水を供給することにより、胃内温度や pH の長時間の低下を防ぐことができ、胃内環境の維持につながると考えられている (Grossi et al., 2021)。本章では、体温や胃内環境の変化の測定をしていないため、体温への影響を明らかにすることはできない。しかしながら、これらの口腔行動の変化を踏まえ、仮説(2)温水設置はキリンの寒冷ストレスを軽減することができる、が支持された。

第6章 総合考察および結論

動物園で保全や教育を目的に飼育されるキリンの飼育環境を改善する手立てとして、様々な取り組みが動物園技術者によって行われている。とりわけキリンは、樹葉を主体とする反芻動物であり、また温暖な気候に生息することから、採食と環境温度には配慮が必要であると考えられる。アメリカ動物園水族館協会 (Burgess, 2004) やヨーロッパ動物園水族館協会 (EAZA Giraffe EEP, 2006) の出すキリンの飼育管理マニュアルでは、樹木採食エンリッチメントは種本来の食生活を再現する点において推奨されている。しかしながら、先行研究においてキリン1頭に対し1日で少なくとも9.2kgから30kgの樹木が必要であると考えられており、これを毎日給餌することは困難である (Hatt et al, 2005)。そのため、キリン本来の採食行動 (舌を動かす) を引き出すフィーダーの導入を行い、柵舐め行動を減らす試みが実践されている (Fernandez, 2008)。このような知見のもと、樹木採食エンリッチメントの効果を第2章で観察した結果、同量の樹木を給餌しており、また採食行動の発現割合に大きな変化が見られなかったにもかかわらず、特に冬季だけに口腔行動が増加する結果となった。つまり、単純な樹木採食エンリッチメントの実施だけでなく、それ以外の対処方法が必要である可能性が考えられた。

まず、温湿度指数とキリンの活動性に着目すると、周囲の環境変化がキリンの行動発現に影響を与えている可能性が考えられた。今回は、第3章で温湿度指数 (THI) が影響を与えており、暑熱環境下ではキリンが活動性を低下させる傾向があることが明らかとなった。従来の研究では、飼育下のキリンにおいて環境温度の変化によって活動性に影響は出ないと考えられていたこれまでの飼育下の先行研究 (Dagg, 1970) とは明確に結果が異なった。近年での気候変動は明らかに人間活動による影響を受けており、引き続き気温上昇が継続する可能性が高いと考えられている (IPCC, 2021)。また、暑熱ストレスにおいては、気温だけでなく湿度も影響を与える。日本の夏の気候において、特に THI を上昇させ

る要因であり、キリンと同じ反芻動物である乳牛でも、気候変動による暑熱ストレスの影響が懸念されている（阪谷, 2015）。この環境変化は、今後特に暑熱下におけるキリンの飼育環境への配慮を必要とさせるかもしれない。例えば、寒冷時の対策としてすでに飼育マニュアル（Burgess, 2004; EAZA Giraffe EEP, 2006）で挙げられているような室内の開放などのキリンに利用場所の選択肢を与える方策、もしくは新たにグラウンド内に日陰となる環境を設定するといった方策が、暑熱下でのキリンの福祉を向上させるための有効な方法となり得るかもしれない。また、ウシでの暑熱対策を参考にするとすれば、送風機など動物の体温を下げるための方策（Correa-Calderon, 2004）を動物舎内に組み込むといったことも有効と考えられる。さらに、栄養面や飼料添加による暑熱対策では、ウシにおいて、暑熱環境における飼料設計に関する研究（Min et al., 2019）や酵母を用いた反芻胃の改善による体温の低下の試み（Liu et al., 2014）も行われており、これらの知見も暑熱ストレスの改善に有効かもしれない。一方、冬期の寒冷化に目を向けると、樹葉の落葉とともに採食する餌の内容が変化し、口腔行動の発現に影響を与えている可能性が考えられた。これを踏まえ、第4章では周辺の樹葉の変化とキリンの口腔行動の発現内容の変化に着目した。

この事象を詳細に観察してみると、周辺の景観樹の落葉に伴い、キリンの口腔行動（特に木かじり行動）が増加する結果となった。つまり、周辺の景観樹はキリンの口腔行動を軽減するための重要な要素であり、落葉期以降はそれを見越した飼料設計、もしくは採食エンリッチメントの実践が重要であると考えられた。また、飼育環境における景観樹の採食は、過去アメリカで行われた飼育環境に関するアンケート調査でも着目されていない要素であり（Bashaw et al, 2001）、キリンの採食行動を配慮する上で、設計デザインの段階から考慮されるべき要素であると考えられた。一方で、景観樹の落葉に伴い、給餌される樹木の採食部位に大きく変化が見られることが明らかとなった。そのため、給与樹木における樹葉以外の部位の採食は、樹葉のない時期における種本来の行動を引き出す手立てに

なり得ると考えられた。さらに、樹皮だけに着目すると、採食度合いには、樹種間で差が見られた。つまり、キリンは樹皮に選好性がある可能性が考えられた。環境エンリッチメントの実施においては、動物福祉の向上のため、種本来の行動を促すことが目的の一つとなっている。つまり、葉の無くなる時期に葉以外の部分をキリンが採食する樹種を選択的に与えることで、効果的に種本来の行動を発現させることができる可能性が考えられた。

ところで、第2章と第4章は同時に収集したデータを別角度で分析したものである。第3章で明らかになったように、特に落葉後の期間では、景観樹の採食が減少することで、木かじり行動が増加する結果となった。一方で、舐める行動には関連が見られず、気温の低下などの諸要因の影響の可能性が考えられた。この落葉と気温の低下による口腔行動の増加は、他の季節と同様の種本来の行動発現を促す採食エンリッチメントだけでは、キリンの求める欲求に対処できていない可能性がある。ここまでの結果をまとめると、本研究で確認した冬季の口腔行動の増加には、舌を用いた行動の減少 (Fernandez, 2008)、飼料内容の変化 (Hummel, 2006) が景観樹の落葉により発生し、さらに気温の低下

(Siciliano-Martina and Martina, 2018) が同時に負荷をかけていることが影響していると考えられた。これらの負荷による口腔行動の発現の具体的なメカニズムは、キリンでは明らかになっていないが、舐める行動に関して言えば、野生下のキリンで、柵を舐める行動の報告 (Innis, 1958) や、また木かじり行動に関連して、物をかじる行為で考えると骨食行動 (Langman, 1978) も野生では確認されている。これらの野生での報告は、アフリカでの落葉の時期と重なるとされており、それを踏まえると、飼料内容の変化に伴う栄養学的なアプローチも今後検討していく必要があるかもしれない。

一方で、ウシの舌遊びの発達に関する研究では、幼年期の発育環境が影響を与えるとの研究がある。Krohn ら (1999) による研究では、母牛との分離のタイミングが、口腔行動の発現量に影響を与えたとしている。また Stěhulová ら (2008) は、母子分離の遅い子牛は社会的なストレスへの順応能力が高い可能性を示している。これらの研究と似たような

結果が、キリンでも最近報告されている (Siciliano-Martina and Martina, 2018)。つまり、そもそも口腔行動を過剰に発現しないように育てる手立てが重要なのかもしれない。今後幼年期の発育環境がキリンのその後の口腔行動の発現やストレスへの対応能力に影響を与える可能性も調査する必要があると考えられる。

そして、第1章から第3章での観察を通じて、日本の冬での飼育環境はキリンにとって、何らかの悪影響が出ている可能性が考えられた。冬季は落葉に伴い、樹葉採食量が減少する以外にも、寒冷による悪影響が出ている可能性が考えられる (Clauss et al, 1999; Potter and Clauss, 2005; Yong, 2010)。そこで第5章は、その悪影響を減らすための手立てとして、飲料温水の給与を試みた。その結果、冷水の飲水回数の減少、総飲水回数の増加、温水給与直後の時間帯の飲水行動の増加という変化が見られた。これらの結果により、キリンが温水に選好性がある可能性が考えられた。飲料温水の設置が寒冷環境におけるキリンの負担軽減につながっているかについては、今後更なる調査が必要であるが、観察個体の中には口腔行動（舐める行動）が減少した個体があった。つまり、ストレスが減少した可能性と飲水環境の改善されたことが示唆された。これまで海外のキリンの飼育マニュアル (Burgess, 2004; EAZA Giraffe EEP, 2006) では、キリンの寒さ対策について、物理的に室内を利用できるように提案がされているのみであった。今回の知見は、日本の冬期におけるキリンの寒さ対策を改善する一つの手立てとして有効であると考えられた。

これらの結果を踏まえて、日本でキリンを飼育する上での現状の課題を整理する。日本の気候においては、すでに述べたとおり、湿度の高さに伴う THI の上昇と冬の寒さへの対処が特に重要と考えられる。対処方法についてはすでに検討した通りであるが、キリンの福祉を配慮する上で、動物舎そのものへ取り組むべき課題が考えられる。例えば、海外のキリンの飼育マニュアル (Burgess, 2004; EAZA Giraffe EEP, 2006) になぞらえるように、アフリカが原産であるキリンに対し、空気の対流を配慮するといった暑熱対策 (Correa-Calderon, 2004) は、動物舎に対しては行われていない。すでに動物舎自身に

改良が難しい状況であっても、暑さを避けられる空間の選択ができるよう、日中の寝室開放や夜間のグラウンド開放は有効である。このような暑さを避けるための空間の提供は、今後の気候変動の可能性を踏まえて重要と考えられる。一方、寒さ対策については、今回温水の給与による寒冷ストレスの軽減ができたものの、実際、動物舎に温水を供給できる設備を持つところは限られている。これらの課題は、今後新たにキリン舎を設計していく上で、組み込むべき知見であると考えられる。

さらに落葉期以降の枝の供給については、引き続き大きな課題である。本研究において、キリンの本来の生息地と異なる日本の樹木であっても、樹皮を含めて採食が可能であり、種本来の行動を引き出すことが可能であることが明らかとなった。常に樹葉を提供できるような飼育環境を実現するためにも、展示空間内に、距離の配慮や物理的にフェンスで囲うなどの方策を行った、継続的な採食が可能な景観樹の植樹を行うことが望ましいと考えられた。また、さらにキリンの嗜好性と落葉に配慮するのであれば、キリンが好む粗タンパク質含量および水分含量の高い常緑樹の樹種（トウネズミモチなど）を景観樹に選択することが、キリンの採食行動を引き出すために効果的であると考えられた。その上で、種本来の行動をより効果的に高めるために、ニセアカシアやアキニレなど樹皮の嗜好性の高い樹種を給餌することが、キリンの福祉を高めるために有効であると考えられる。代替の飼料にしても、エネルギー量の高い濃厚飼料を給餌しなければ、これまでの寒冷期で散見されたエネルギー不足による死亡例（Clauss et al, 1999; Potter and Clauss, 2005; Yong, 2010）が再び起こる可能性がある。つまり、キリンへの福祉を配慮しつつ、長期的それを維持することは、高いランニングコストがかかることは明白であり、その認識を持つことが重要と言えるかもしれない。

以上の行動観察の結果から、キリンの採食エンリッチメントにおいて、暑熱環境における活動性の減少、景観樹採食による口腔行動の抑制効果、樹木の非葉部分の採食利用価値の評価、樹皮に対する選好性の存在の確認、温水に対する選好性が本研究により明らかに

なった。ただし、本研究で対象としたキリンはそれぞれ3頭であり、個体数が少ない中での結果である。そのため、今回の研究結果だけでは、キリン全体に外挿することは難しいかもしれない。しかしながら、本研究で得られた知見は、飼育下のキリンの福祉を向上させるのに有効な知見であると考えられ、本論文の研究価値は十分にあると考えられる。一方で、キリンの福祉改善にあたり、まだ明らかにすべき領域は残されているため、引き続き飼育下のキリンの福祉向上に向け、継続的な研究が必要であると考えられる。

なお、本論文の一部は以下に公表した。

・岡部光太, 福泉洋樹, 河村あゆみ, 加瀬ちひろ, 植竹勝治. : 日本在来樹木の樹皮に対するキリンの選好性と採食行動の発現量の検討. 動物の行動と管理学会誌, 59(1): 1-7. 2023, DOI: 10.20652/jabm.59.1_1

・Okabe, K., Fukuizumi, H., Kawamura, A., Matsunaga, M., Kase, C., Uetake, K. : Giraffes like it hot? Research on giraffe drinking behaviour in response to warm water supply in a cold environment. Journal of Zoo and Aquarium Research, 10(4):188-193. 2022, DOI: 10.19227/jzar.v10i4.669

・Okabe, K., Fukuizumi, H., Kawamura, A., Kase, C., Uetake, K : An investigation of browsing enrichment, especially non - leaf foraging, on giraffes (*Giraffa camelopardalis reticulata*) at Kyoto City Zoo in Japan. Zoo Biology, 42(1): 157-161. 2022, DOI:10.1002/zoo.21726

・Okabe, K., Fukuizumi, H., Kawamura, A., Kase, C., Uetake, K : Effects of browsing enrichment associated with the temperature-humidity index and landscaping trees in

giraffes (*Giraffa camelopardalis reticulata*). *Journal of Thermal Biology*, 104:109190, 2022, DOI:10.1016/j.jtherbio.2022.103190

• Okabe, K., Kawamura, A., Fukuizumi, H., Ishiuchi, K., Kase, C : Does oral stereotypy in captive giraffes decrease by feeding them evergreens and barks in winter? *Animal Behaviour and Management*, 55:165-173, 2019, DOI:10.20652/jabm.55.4_165

謝辞

本研究を行うに当たり、京都市動物園種の保存展示課、河村あゆみ主任、福泉洋樹係員、松永雅之主任を始めとする、歴代のキリン飼育担当者に多大なる協力を頂きました。

同様にキリンの飼育技術、福祉向上に関する知見について京都市動物園元飼育員、高木直子氏多大なるご助言を賜った。

また、研究の受け入れに関する倫理審査と調整に当たり、山梨裕美主席研究員を始めとする同動物園の生き物・学び・研究センターの職員にも多大なる協力を頂きました。

さらに、キリンの行動観察実施にあたり、千葉科学大学危機管理学部動物危機管理学科2017年度卒業生、石内琴音氏にも多大なるご協力を頂きました。

また、本論文のご校閲を賜りました麻布大学獣医学研究科獣医学専攻の恩田賢教授、ならびに勝俣昌也教授に厚く御礼を申し上げます。

そして、本研究を遂行ならびに本論文の作成にあたり、麻布大学獣医学部動物行動管理学的研究室、植竹勝治教授、加瀬ちひろ講師に大変丁寧なご助言とご指導を頂きました。皆様に、厚く御礼を申し上げます。

引用文献

- Alligood, C., Leighty, K. (2015). Putting the “E” in SPIDER: Evolving trends in the evaluation of environmental enrichment efficacy in zoological settings. *Anim. Behav. Cogn.*, 2(3), 200-217.
- Arias, R. A., Mader, T. L. (2011). Environmental factors affecting daily water intake on cattle finished in feedlots. *Journal of Animal Science*, 89(1), 245-251.
- Bashaw, M. J., Tarou, L. R., Maki, T. S., Maple, T. L. (2001). A survey assessment of variables related to stereotypy in captive giraffe and okapi. *Applied Animal Behaviour Science*, 73(3), 235-247.
- Baxter, E., Plowman, A. B. (2001). The effect of increasing dietary fibre on feeding, rumination and oral stereotypies in captive giraffes (*Giraffa camelopardalis*). *Animal Welfare*, 10(3), 281-290.
- Bercovitch, F. B., Berry, P. S. (2013). Herd composition, kinship and fission–fusion social dynamics among wild giraffe. *African Journal of Ecology*, 51(2), 206-216.
- Berry PSM. (1973). The Luangwa valley giraffe. *Puku*, 7, 71-92.
- Berry, I. L., Shanklin, M. D., Johnson, H. D. (1964). Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. *Transactions of the ASAE*, 7(3), 329-0331.

- Bewley, J. M., Grott, M. W., Einstein, M. E., Schutz, M. M. (2008). Impact of intake water temperatures on reticular temperatures of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(10), 3880-3887.
- Bianca, W. (1964). Thermoregulatory responses of the dehydrated ox to drinking cold and warm water in a warm environment. *Research in Veterinary Science*, 5, 75-80.
- Bloomsmith M.A., Brent L.Y., Schapiro S.J. (1991) Guidelines for developing and managing an environmental enrichment program for nonhuman primates. *Laboratory Animal Science* 41(4): 372–377.
- Bredin, I. P., Skinner, J. D., Mitchell, G. (2008). Can osteophagia provide giraffes with phosphorus and calcium?. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 75(1), 1-9.
- Burgess A. (2004). *The Giraffe Husbandry Resource Manual*. Association of Zoos and Aquariums and the Antelope and Giraffe Taxon Advisory Group.
- Burgos, M. S., Senn, M., Sutter, F., Kreuzer, M., Langhans, W. (2001). Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 280(2), 418-427.
- Caister, L. E., Shields, W. M., Gosser, A. (2003). Female tannin avoidance: a possible explanation for habitat and dietary segregation of giraffes (*Giraffa camelopardalis*

- peralta) in Niger. *African Journal of Ecology*, 41(3), 201-210.
- Carter, K. D., Seddon, J. M., Frère, C. H., Carter, J. K., Goldizen, A. W. (2013). Fission–fusion dynamics in wild giraffes may be driven by kinship, spatial overlap and individual social preferences. *Animal Behaviour*, 85(2), 385-394.
- Ciofalo, I., Le Pendu, Y. (2002). The feeding behaviour of giraffe in Niger. *Mammalia* 66, 183–194.
- Clauss M., Suedmeyer W.K., Flach E.J. (1999). Susceptibility to cold in captive giraffe (*Giraffa camelopardalis*). *Proceedings of the American Association of Zoo Veterinarians*: 183-186
- Coe, J., Dykstra, G. (2010). New and sustainable directions in zoo exhibit design. *Wild Mammals in Captivity: Principles and Techniques for Zoo Management* 2nd ed. University of Chicago Press, Chicago, 202-215.
- Correa-Calderon, A., Armstrong, D., Ray, D., DeNise, S., Enns, M., Howison, C. (2004). Thermoregulatory responses of Holstein and Brown Swiss heat-stressed dairy cows to two different cooling systems. *International journal of biometeorology*, 48, 142-148.
- Dagg, A. I. (1970). Preferred environmental temperatures of some captive mammals. *International Zoo Yearbook*, 10(1), 127-130.

Dagg, A. I. (2014). *Giraffe: biology, behaviour and conservation*, Cambridge University Press, Cambridge. pp.260.

EAZA Giraffe EEP (2006) EAZA Husbandry and Management Guidelines for *Giraffa camelopardalis*. Arnhem, Netherlands: European Association of Zoos and Aquaria.

Fernandez, L. T., Bashaw, M. J., Sartor, R. L., Bouwens, N. R., Maki, T. S. (2008).

Tongue twisters: feeding enrichment to reduce oral stereotypy in giraffe. *Zoo*

Biology: Published in affiliation with the American Zoo and Aquarium Association, 27(3), 200-212.

Foster, J. B., Dagg, A. I. (1972). Notes on the biology of the giraffe. *African Journal of Ecology*, 10(1), 1-16.

Furstenburg D, and Van Hoven W. 1994. Condensed tannin as anti-defoliate agent against browsing by giraffe (*Giraffa camelopardalis*) in the Kruger National Park.

Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology, 107(2), 425-431.

Graaff, N., Gusset, M., Hanuliaková, J., Hofer, H., Hogg, C., Hosey, G., Hunt, S., Maple,

T., Melf, M., Mellor, D., Morgan, D., Reiss, A., Spuy, S., Watters, J. (2015). *Caring*

For Wildlife. The World Zoo and Aquarium Animal Welfare Strategy.

[https://www.waza.org/wp-content/uploads/2019/03/WAZA-Animal-Welfare-](https://www.waza.org/wp-content/uploads/2019/03/WAZA-Animal-Welfare-Strategy-2015_Landscape.pdf)

[Strategy-2015_Landscape.pdf](https://www.waza.org/wp-content/uploads/2019/03/WAZA-Animal-Welfare-Strategy-2015_Landscape.pdf). (2022年10月21日アクセス)

Gordon, J. G. (1965). The effect of water deprivation upon the rumination behaviour of housed sheep. *Journal of Agricultural Science*, 64(1), 31-35.

Golher, D. M., Thirumurugan, P., Patel, B. H. M., Upadhyay, V. K., Sahu, S., Gaur, G. K., Bhoite, S. H. (2015). Effect of drinking water temperature on physiological variables of crossbred dairy cattle at high altitude temperate region of Himalayas. *Veterinary World*, 8(10), 1210-1214.

Gonzalez-Rivas, P. A., Sullivan, M., Cottrell, J. J., Leury, B. J., Gaughan, J. B., Dunshea, F. R. (2018). Effect of feeding slowly fermentable grains on productive variables and amelioration of heat stress in lactating dairy cows in a sub-tropical summer. *Tropical animal health and production*, 50(8), 1763-1769.

Grossi, S., Rossi, L., Dell'Anno, M., Biffani, S., Rossi, C. A. S. (2021). Effects of heated drinking water on the growth performance and rumen functionality of fattening Charolaise beef cattle in winter. *Animals*, 11(8), 2218.

Gussek, I, Große-Brinkhaus, C., Hummel, J., Südekum, K H., (2016). Chemical composition and fermentation characteristics of feedstuffs for giraffes in German zoos. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 25, 134-144.

Gussek, I., Große-Brinkhaus, C., Südekum, K. H., Hummel, J. (2018). Influence of ration composition on nutritive and digestive variables in captive giraffes (*Giraffa*

camelopardalis) indicating the appropriateness of feeding practice. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 102(2), 513-524.

Hatt, J. M., Schaub, D., Wanner, M., Wettstein, H. R., Flach, E. J., Tack, C., Hässig, M., Ortman, S., Hummel, J., Clauss, M. (2005). Energy and fibre intake in a group of captive giraffe (*Giraffa camelopardalis*) offered increasing amounts of browse. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 52(10), 485-490.

Hancocks, D. (2001). *A different nature: The paradoxical world of zoos and their uncertain future*. Univ of California Press.

Hummel, J., Clauss, M., Baxter, E., Flach, E. J., Johanson. (2006). The influence of roughage intake on the occurrence of oral disturbances in captive giraffids. *Zoological Library*, 235-252.

伊藤秀一, 八代梓, 松本充史, 木村嘉孝. (2019). 動物園における行動研究. *Japanese Journal of Animal Psychology*, 69(1), 1-7.

Innis, A. C. (1958). The behaviour of the giraffe, *Giraffa camelopardalis*, in the eastern Transvaal. *Proceedings of the Zoological Society of London* 131(2), 245-278.

IPCC (2021). *Summary for Policymakers*. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

- Ishiwata, T., Uetake, K., Abe, N., Eguchi, Y., Tanaka, T. (2006). Effects of an environmental enrichment using a drum can on behavioral, physiological and productive characteristics in fattening beef cattle. *Animal Science Journal*, 77(3), 352-362.
- 気象庁. (2021). 京都 平年値 (年・月ごとの値) 主な要素.
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_sfc_ym.php?prec_no=61&block_no=47759&view=p1 (2023年6月17日アクセス)
- Krohn, C. C., Foldager, J., Mogensen, L. (1999). Long-term effect of colostrum feeding methods on behaviour in female dairy calves. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science*, 49(1), 57-64.
- Langhans, W., Scharrer, E., Meyer, A. H. (1991). Changes in feeding behavior and plasma vasopressin concentration during water deprivation in goats. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 38(1-10), 11-20.
- Langman, V. A. (1978). Giraffe pica behavior and pathology as indicators of nutritional stress. *The Journal of Wildlife Management*, 141-147.
- Lamprey, H. F. (1963). Ecological separation of the large mammal species in the Tarangire Game Reserve, Tnaganyika. *African Journal of Ecology* 1, 63-92.
- Leuthold, B. M., Leuthold, W. (1978). Daytime activity patterns of gerenuk and giraffe

- in Tsavo National Park, Kenya. *African Journal of Ecology*, 16(4), 231-243.
- Liu, J., Ye, G., Zhou, Y., Liu, Y., Zhao, L., Liu, Y., Huang, K. (2014). Feeding glycerol-enriched yeast culture improves performance, energy status, and heat shock protein gene expression of lactating Holstein cows under heat stress. *Journal of Animal Science*, 92(6), 2494-2502.
- Mason, G. J. (1991). Stereotypies: A critical review. *Animal Behavior*, 41, 1015–1037
- Mason, G. J., Latham, N. R. (2004). Can't stop, won't stop: is stereotypy a reliable animal welfare indicator?. *Animal Welfare*, 13(1), 57-69.
- Mellen, J., Sevenich MacPhee, M. (2001). Philosophy of environmental enrichment: past, present, and future. *Zoo Biology*, 20(3), 211-226.
- Min, L., Li, D., Tong, X., Nan, X., Ding, D., Xu, B., Wang, G., (2019). Nutritional strategies for alleviating the detrimental effects of heat stress in dairy cows: a review. *International Journal of Biometeorology*, 63, 1283–1302.
- Monson, M. L., Dennis, P. M., Lukas, K. E., Krynak, K. L., Carrino - Kyker, S. R., Burke, D. J., Schook, M. W. (2018). The effects of increased hay-to-grain ratio on behavior, metabolic health measures, and fecal bacterial communities in four Masai giraffe (*Giraffa camelopardalis tippelskirchi*) at Cleveland Metroparks Zoo. *Zoo biology*, 37(5), 320-331.

Muller Z., Bercovitch F., Brand R., Brown D., Brown M., Bolger D., Carter K., Deacon

F., Doherty J.B., Fennessy J., Fennessy S., Hussein A.A., Lee D., Marais A.,

Strauss M., Tutchings A., Wube T. (2018). Giraffa camelopardalis (amended version

of 2016 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2018:

e.T9194A136266699. doi:10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T9194A136266699.en

Nabenishi, H., Yamazaki, A. (2017). Effects of temperature–humidity index on health

and growth performance in Japanese black calves. Tropical animal health and

production, 49(2), 397-402.

National Research Council. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle: 2001.

National Academies Press. Washington DC.

Normando, S., Meers, L., Samuels, W. E., Faustini, M., & Ödberg, F. O. (2011).

Variables affecting the prevalence of behavioural problems in horses. Can riding

style and other management factors be significant?. Applied animal behaviour

science, 133(3-4), 186-198.

Ogura, T. (2013). A digital app for recording enrichment data. The Shape of

Enrichment, 22(3).

Osborne, V. R., Hacker, R. R., McBride, B. W. (2002). Effects of heated drinking water

on the production responses of lactating Holstein and Jersey cows. Canadian

- Journal of Animal Science, 82(3), 267-273.
- Orban, D. A., Siegford, J. M., Snider, R. J. (2016). Effects of guest feeding programs on captive giraffe behavior. *Zoo Biology*, 35(2), 157-166.
- Parker, D. M., Bernard, R. T. F. (2005). The diet and ecological role of giraffe (*Giraffa camelopardalis*) introduced to the Eastern Cape, South Africa. *Journal of Zoology* 267, 203–210.
- Pellew, R. A., (1984a). Food consumption and energy budgets of the giraffe. *J. Appl. Ecol.* 21, 141–159.
- Pellew, R. A., (1984b). The feeding ecology of a selective browser, the giraffe (*Giraffa camelopardalis tippelskirchi*). *Journal of Zoology*. 202, 57–81.
- Petersen, M. K., Muscha, J. M., Mulliniks, J. T., Roberts, A. J. (2016). Water temperature impacts water consumption by range cattle in winter. *Journal of Animal Science*, 94(10), 4297-4306.
- Potter, J. S., Clauss, M. (2005). Mortality of captive giraffe (*Giraffa camelopardalis*) associated with serous fat atrophy: a review of five cases at Auckland Zoo. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 36(2), 301-307.
- Razal, C. B., Bryant, J., Miller, L. J. (2017). Monitoring the behavioral and adrenal activity of giraffe (*Giraffa camelopardalis*) to assess welfare during seasonal

housing changes. *Animal Behavior and Cognition*, 4(2), 154-164.

Robbins C T, Mole S, Hagerman A E, Hanley T A. (1987). Role of tannins in defending plants against ruminants: Reduction in dry matter digestion? *Ecology*, 68, 1606–1615.

Saito, M., Idani, G. (2020). Giraffe diurnal recumbent behavior and habitat utilization in Katavi National Park, Tanzania. *Journal of Zoology*, 312(3), 183-192.

阪谷美樹. (2015). 暑熱ストレスが産業動物の生産性に与える影響. *産業動物臨床医学雑誌*, 5, 238-246.

Sato, S., Sako, S., Maeda, A. (1991). Social licking patterns in cattle (*Bos taurus*): influence of environmental and social factors. *Applied Animal Behaviour Science*, 32(1), 3-12.

Sauer JJC, Skinner JD, Neitz AWH. (1982). Seasonal utilization of leaves by giraffes *Giraffa camelopardalis*, and the relationship of the seasonal utilization to the chemical composition of the leaves. *African Zoology*, 17, 210-219

Sauer, J. J. C. (1983). A comparison between *Acacia* and *Combretum* leaves utilized by giraffe. *South African Journal of Animal Science*, 13(1), 43-44.

Seo, T., Sato, S., Kosaka, K., Sakamoto, N., Tokumoto, K., Katoh, K. (1998).

Development of tongue-playing in artificially reared calves: effects of offering a

dummy-teat, feeding of short cut hay and housing system. *Applied Animal*

Behaviour Science, 56(1), 1-12.

Shepherdson D. (1998). Tracing the path of environmental enrichment in zoos. In:

Shepherdson D, Mellen J, Hutchins M, editors. *Second nature: environmental*

enrichment for captive animals. Washington: Smithsonian Institution Press. pp1-

12.

Siciliano-Martina, L., Martina, J. P. (2018). Stress and social behaviors of maternally

deprived captive giraffes (*Giraffa camelopardalis*). *Zoo biology*, 37(2), 80-89.

Silanikove, N. (1992). Effects of water scarcity and hot environment on appetite and

digestion in ruminants: a review. *Livestock Production Science*, 30(3), 175-194.

塩田幸弘, 八代田真人, 河村あゆみ, 田中正之. (2017). 動物園で給餌している樹葉の重量

推定と栄養含量の季節変化. *日本畜産学会報*, 88(1), 9-17.

Stěhulová, I., Lidfors, L., Špinka, M. (2008). Response of dairy cows and calves to early

separation: Effect of calf age and visual and auditory contact after separation.

Applied Animal Behaviour Science, 110(1-2), 144-165.

Teixeira, D. L., Hötzel, M. J., Machado Filho, L. C. P. (2006). Designing better water

troughs: 2. Surface area and height, but not depth, influence dairy cows'

preference. *Applied Animal Behaviour Science*, 96(1-2), 169-175.

- Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*. 12, 57–61.
- Veasey, J. S., Waran, N. K., Young, R. J. (1996). On comparing the behaviour of zoo housed animals with wild conspecifics as a welfare indicator, using the giraffe (*Giraffa camelopardalis*) as a model. *Animal Welfare*, 5(2), 139-153.
- West, J. W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 86(6), 2131-2144.
- Wilks, D. L., Coppock, C. E., Lanham, J. K., Brooks, K. N., Baker, C. C., Bryson, W. L., Elmore, R.G., Stermer, R. A. (1990). Responses of lactating holstein cows to chilled drinking water in high ambient temperatures. *Journal of Dairy Science*, 73(4), 1091-1099.
- Wolf, T. E., Ngonga Ngomo, A. C., Bennett, N. C., Burroughs, R., Ganswindt, A. (2018). Seasonal changes in social networks of giraffes. *Journal of Zoology*, 305(2), 82-87.
- Yong, HY (2010). Serous fat atrophy of a reticulated giraffe (*Giraffa camelopardalis*). *Journal of Embryo Transfer* 25: 297-300