

飼育下カバの夜間行動と糞中コルチゾール値

郡山尚紀・高橋聖奈

Night-time behavior and fecal cortisol levels of captive hippopotami

Takanori KOORIYAMA and Sena TAKAHASHI
(Accepted 15 July 2021)

はじめに

動物園は、教育、レクリエーション、自然保護、研究の場所として社会的な役割をもち、いろいろな野生動物を展示している。しかし、大型の野生動物にとって、園内での生活環境は、本来の生息環境に比べて極端に狭いため、本来の行動を発現することができない場合がある。この行動制限による欲求不満はストレスとなり、別の行動に転位する場合や、常同行動などの異常行動が引き起こされることが知られている^[1]。大型動物の中でもカバ (*Hippopotamus amphibius*) は動物園でも人気の動物で、日本国内でも多くの動物園で飼育されている。カバは鯨偶蹄目カバ科に属し、サハラ砂漠より南のアフリカにおいて、河川や湖、沼の近く生息する^[2]。体長は最大で3 mを超え、体重は最大で3000 kgにも及び、さらに寿命は45~55年と非常に長い。通常10~100頭の群れを作り、2~8月に繁殖期を迎え、8~9ヶ月で出産を迎える。生息地のアフリカでは主にイネ科の草を食べると言われている。飼育下では、十分に移動できるスペースと常時水を動かし、冬でも水温が下がりにすぎないようにする工夫と定期的な水換えが必要である^[3]。普段あまり動く様子が見られないカバは、狭い敷地での生活を余儀なくされている。また、地域によっては野生での生息地域に比べ、極端に低い気温になる地域もある。このような環境が結果的にカバの行動を抑制させたり、ストレスの原因となったりすることが考えられる。代表的な異常行動として、同じところを行ったり来たりするペーシングなどが知られているが、カバの異常行動についてはよくわかっていない。カバは昼間水面で休むことが多く、活動は主に夜である。その

ため環境エンリッチメント（動物の飼育環境を改善するための実践的な工夫）を導入し、効果が見られたとしても、来園者にその本来の行動を見てもらうことが難しい。また、昼間の観察ではカバの行動変化は乏しく、キリンやライオンのようなストレスによる行動変化がわかりにくい。

一般的にストレスの評価は異常行動の観察だけでなく、糖質コルチコイド濃度の変化を調べる方法が行われる^[4]。副腎皮質から分泌されるコルチゾールは、糖質コルチコイドの一種であり、ストレスの指標として一般的に用いられる。生体にストレスがかかった場合、ストレス情報は視床下部で統合され、視床下部で合成された副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモン (CRH) が下垂体での副腎皮質刺激ホルモン (ACTH) の合成・分泌を促す。ACTHは副腎皮質における糖質コルチコイド (コルチゾール) の合成・分泌を誘発する。コルチゾールは様々な生理作用により生体防御に働くと同時に、視床下部と下垂体を負のフィードバックによって抑制される^[5]。コルチゾールはストレス刺激により放出されるためストレスホルモンとも呼ばれており、血液、糞、尿、被毛、唾液などの生体の様々な部位に分布する。血液を利用する場合その採取方法によってはストレスが伴う場合があり、コルチゾール値に影響を及ぼす恐れがある。特に、動物園ではハズバンダリートレーニング（飼育動物の生理、生態および心理面での管理を可能とするために必要な諸動作）で訓練されている動物以外の採血は困難である。尿は非侵襲的に採取が行えるが、地面が水分を吸う素材や水生の動物である場合は採取することができない。そのため、血液の精度には劣るが、動物園などで継続的な調査を行う場合には、動物に接触する必要のない糞便がよ

表 2. 円山動物園のカバの情報

個体名	性別	来園日	出身	生年月日	年齢 (2016年6月)	性格
ザン	♀	—	円山動物園	1975年7月16日	40歳	穏やか
ドン	♂	1971年11月	かみね動物園	1969年7月15日	46歳	神経質

表 3. 円山動物園のカバの飼育環境

個体名	獣舎	放飼場面積 (m ²)		屋内放飼場の構造	屋外放飼場の構造
ザン	旧獣舎	41	261	コンクリート モート (堀)	コンクリート モート (堀)
	新獣舎	91	287	モルタル	コンクリート (一部土)
ドン	旧獣舎	41	261	コンクリート モート (堀) での観覧	コンクリート モート (堀)
	新獣舎	56	152	モルタル	コンクリート (一部土)

く使用される^[6]。

札幌市円山動物園ではカバを新獣舎 (アフリカゾーン) へ移動する予定にしておき、新獣舎の環境エンリッチメント効果が期待される。そこで、本研究ではカバの環境エンリッチメントの効果を将来的に評価するために、カバの夜間行動および生理学的指標である糞中コルチゾールの基準値を調べることを目的とした。

材料と方法

対象動物と飼育環境

本研究では、円山動物園にて飼育されているカバの雄1頭 (ドン)、雌1頭 (ザン)、計2頭を対象とした。2頭の種類、個体名、性別、来園日、生年月日、年齢、性格の特徴は表2に、旧獣舎、新獣舎の放飼場の造りについては表3に、餌の種類と給餌時間については表4に示す。ドンとザンは親子であり、ドンが父、ザンは娘であるが別々に飼育されている。旧獣舎 (熱帯動物館) での展示は2016年6月21日まで行われ、新獣舎 (アフリカゾーン) への移動は2016年6月22日~23日に行われた。

カバの行動観察

まず、カバの昼間の行動から行動レパートリーを作成した。作成した行動レパートリーをもとに、30分おきに1-0サンプリング (ある時点と次の時点の間に行動が生じていたかを記録する方法) を用いて旧獣舎における夜間 (午後5時から午前8時; 2016年4月26日~5月14日) の行動解析を行った。円山動物園の獣舎 (図1) を3区画にわけて、夜間の

表 4. 円山動物園のカバの餌の内容と給餌時間

個体名	餌の種類	餌の量	給餌時間
ザン	乾草 (夏 青草)	7 kg (夏 30 kg)	10 : 30
	人参	4 kg	
	キャベツ	1 kg	
	リンゴ	1 kg	14 : 00
	ハイキューブ	2 kg	
	ミネカル	200 g	
ドン	ビタミン	100 g	16 : 00
	塩	100 g	
	おから	1.5 kg	
	乾草 (夏 青草)	10 kg (夏 42 kg)	10 : 30
	人参	4 kg	
	キャベツ	1 kg	
ドン	リンゴ	1 kg	14 : 00
	ハイキューブ	2 kg	
	ミネカル	200 g	
	ビタミン	100 g	16 : 00
	塩	100 g	
	おから	1.5 kg	

行動を記録するとともに、それぞれの場所の使用頻度も記録した。屋内放飼場にはそれぞれプールと陸地を有していた。

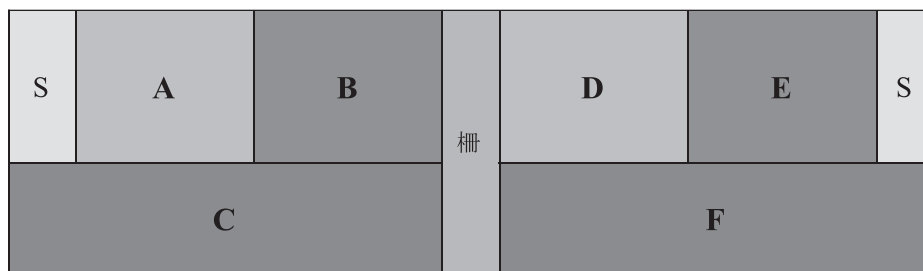
カバの糞の採取と糞中コルチゾール濃度測定

円山動物園のカバ2頭から糞便を採取し、糞中コルチゾール濃度を測定した。2016年2月1日~7月7日で採取した、オス141サンプル、メス98サン

表 5. カバの行動レパートリーと行動状態（昼間）

行動状態	維持行動	人が関わる行動	ストレス行動
歩く	排便する	口を開ける*	吐き戻し
水へ入る	排尿する	来園者を観察する	ウロウロする
水面を移動する	草を食べる	入り口を凝視する	他個体を伺う
水に潜る	セルフグルーミング		威嚇する
水から顔を出す	水を飲む		
勢いよく浮上する	眠る・横になる		
陸上へ移動する	浮上して呼吸する		
じっと動かない	アクビする		

* ハズバンドグリーティング

図 1: ザン（左）およびドン（右）の旧獣舎屋内施設の模式図
CとFはそれぞれプールを示し、Sはプールへのスロープを示している

プルを用いた。朝の糞便を採取し、測定まで -30°C の冷凍庫で保存した。糞は 60°C （DRYING OVEN, DO-450, AS ONE）を使って48時間で乾燥させ、ミキサー（KC-D609, TWINBIRD）で粉碎した。粉碎後の糞0.1gに99.5%エタノール（特級、和光純薬）を1ml加え2時間混和した。その後、20分間3,500rpmで遠心分離し、上澄み1mlを真空状態で蒸発させた（EYELA CENTRIFUGAL EVAPORATOR (CVE-3100)；EYELA UNITRAP (UT-2000)）。乾燥した残渣にエタノール100 μl を加えて溶解し、さらにAssay Buffer 400 μl を加えた。この液をさらにAssay Bufferで希釈し、20倍に希釈にし、Cortisol ETA kit（ARBOR ASSAY 社 USA）を用いて糞中コルチゾールを測定した。

統計処理

カバの個体ごとの夜間行動の頻度に差があるかについて、Kruskal-Wallis検定を行ない、Holm法で多重性の補正を行なった。糞中コルチゾールにおいて、オス（ドン）とメス（ザン）で全体および月ごとの比較を行なった。全体の比較にはt検定を用いた。次に月ごとの平均値の比較を一元配置分散分析（one-way ANOVA）で行い、Holm法で多重性の補正を行なった。すべての統計は統計ソフトRを用いて行い、 $P<0.05$ で有意差ありとした。

結 果

円山動物園のカバの夜間行動

野生のカバは本来、夜間に活動的になるが、円山動物園のカバでは夜間は主に、休む（横になる）、水に入る、立つ、餌を食べるというわずかに4つの行動や行動状態が観察された（図2）。2頭とも横になって休んでいるか、水中で過ごす時間がほとんどであった（図3）。そのため、立っている時間も短く横になっている際、ザン（♀）はBで過ごし、ドン（♂）はDの位置で過ごしている時間が長かった（図4）。このBとDのエリアは2頭の放飼場の隣り合った場所であった（図2）。また、陸上で過ごす時間は主に採餌を行っていた（図4）。ドンは横になっている時間よりも採餌時間の方が有意に長かった（ $P=0.03$ ）。採餌時間は日ごとに異なっていたが、その頻度は多くて9回（4~5時間程度）であったが、ほとんど採餌していない日もあった。

カバの糞中コルチゾール濃度

カバ（全2頭）の全ての糞中の平均コルチゾール濃度は、ドン $788\pm 327\text{ pg/g}$ 、ザンは $998\pm 493\text{ pg/g}$ であった。つまり、ドンに比べザンのコルチゾール値の方が有意に高かった（ $P=0.0001$ ）。3月において、ザンはドンよりも有意に高かった（ $P=0.002$ ）。



図2：円山動物園カバの夜間の行動レポーターおよび行動状態

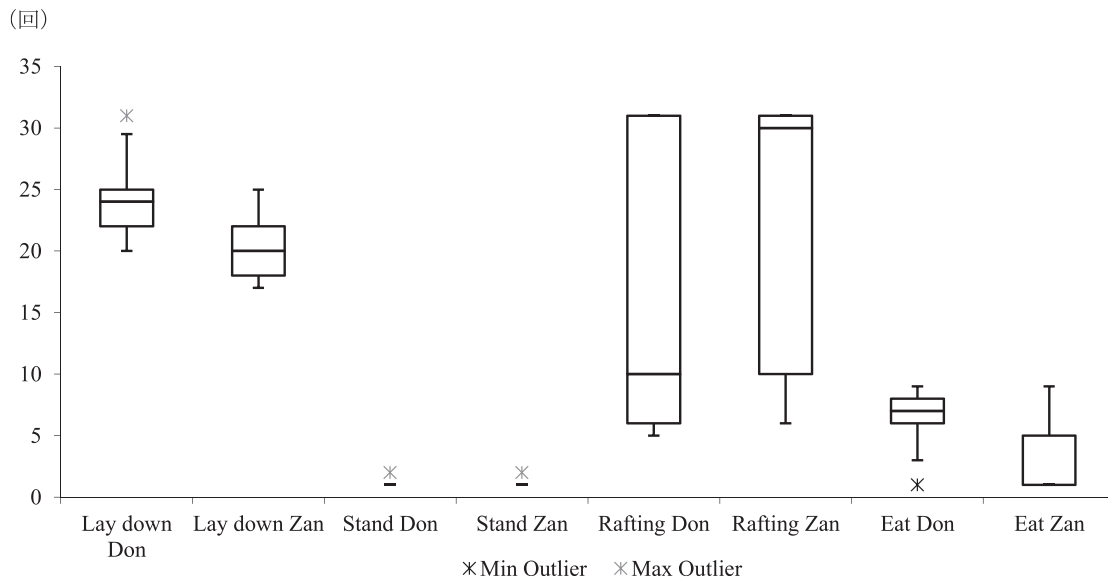


図3：カバの夜間行動（午後5時～午前8時）の1日あたりの種類と頻度についての箱髭図（横線は中央値を示し、補助線は最大値と最小値を示す）

ザンもドンも水中で過ごす時間が長く、次に陸で横になっている時間が長かった。2頭とも立っている時間は他の行動よりも有意に短い時間であった（ザン： $P=0.004\sim0.019$ ；ドン： $P=0.03\sim0.031$ ）。Lay down：横になる；Stand：立っている；Rafting：水面で過ごす；Eat：餌を食べる；Don：ドン；Zan：ザン

(図5)。さらに、ザンでは6～7月は2月と4月よりも有意に高かったが ($P=0.048$, $P=0.005$)、2頭のカバにおいて5月は6～7月よりも有意に低かった ($P=0.006$ (ドン), $P=0.002$ (ザン)) (図5)。

考 察

本研究の結果から、飼育下カバの夜間行動と糞中コルチゾール濃度が明らかとなった。

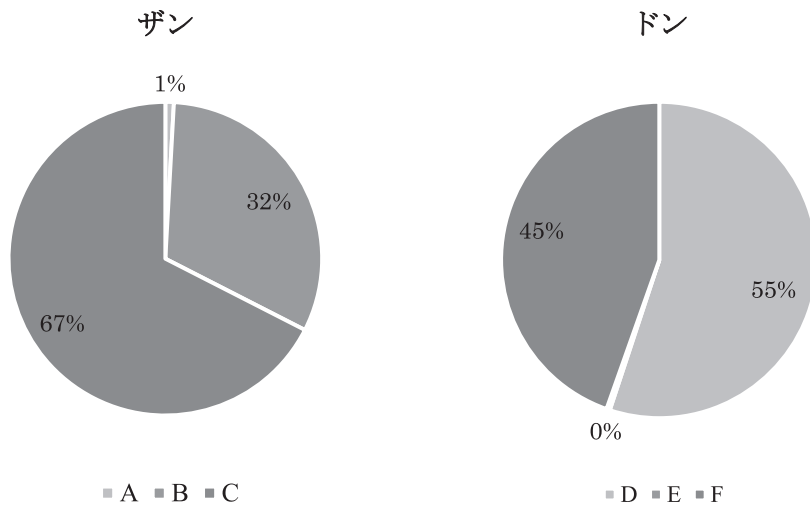


図4：ザン（左）とドン（右）の夜間の放飼場の利用割合
 ザンは夜間の多くの時間を水中Cで過ごし、その次にドン側の陸Bで過ごす時間が長かった。
 ドンはザン側の陸Dと水中Fで過ごしている時間が長かった。A, B, C, Dは図1の場所を示す。

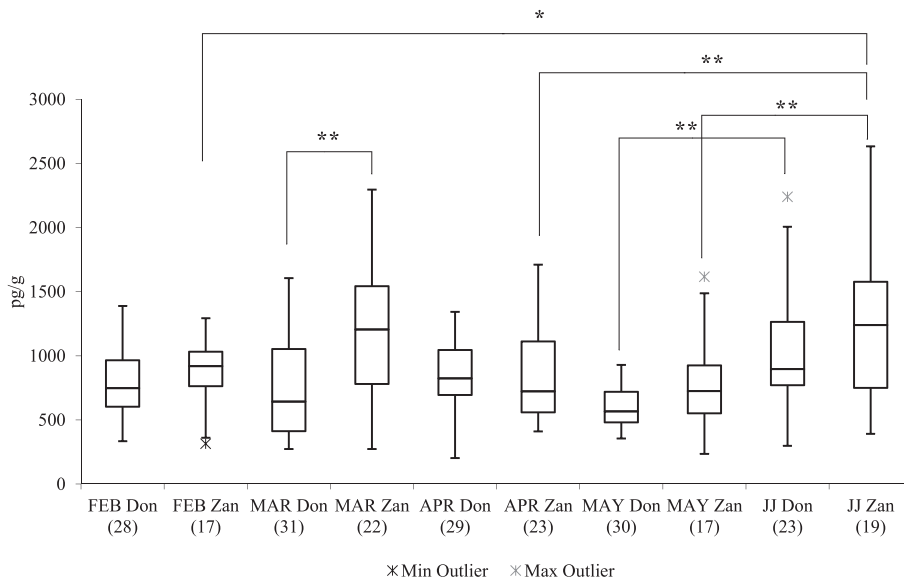


図5：月別個体別の糞中コルチゾール濃度の分布の箱髷図
 FEB：2月；MAR：3月；APR：4月；MAY：5月；JJ：6-7月；Don：ドン；Zan：ザン；()内はサンプル数を示す。*：P<0.05, **：P<0.01

野生のカバは、通常昼間はあまり活動せず、夜間に採食のため活動的になることがわかっている。しかし、本研究において、カバが夜間に活発に行動する様子はほとんどみられなかった。動物園においてカバの給餌は昼間であり、そのためカバの活動時間帯も昼間にシフトしている可能性がある。さらに、夜に収容される室内の放飼場は狭く活動が制限されていることも原因かもしれない。カバの体は大きい餌を求めて常に動いている動物ではないため、行動制限によるストレスが大きいかは本研究からはわからなかった。採餌に使った時間は日によって異

なっていたが、長い時で4~5時間程度と考えられた。採餌が見られなかった日においては、午後4時に給餌された餌が午後5時以降まで残っていなかった可能性がある。もし、給餌方法や採餌時間を延長できるような工夫をできれば、エンリッチメントとして機能すると考えられる。日立市かみね動物園^[7]では水面に浮いた落ち葉や沈んだ落ち葉をカバが食べることを報告しており、この習性を取り入れることで、採餌時間の延長ができるかもしれない。また、狭い放飼場の範囲内ではあったが、個体ごとに過ごす時間の長い場所や多く見られる行動に違いがあ

り、個体の性格の違いや雌雄差、あるいは親子という関係などが影響していたかもしれない。先行研究と比較して行動レポーターの多くの行動がみられなかったが、飼育スペースが制限されていたことともに、群で生活していないことによる影響もあったと考えられた^[8,9]。ゆえに、群における社会的な行動をもっと発現させる工夫が必要かもしれない。ただ、今回の場合には親子であったため、近親交配の可能性を避けるために同居は検討できないと考えられた。夜間の行動は来園者に見ることができないため、いずれの動物園においてもあまり積極的に活動性を上げようという試みは行われてこなかったように思われる。今後、議論が必要であろう。

本研究では、オス（ドン）とメス（ザン）の1頭ずつでしか糞中コルチゾールを測定していなかったが、オスよりもメスの方が有意に高かった。メスは妊娠の際にコルチゾール値が上昇することがわかっているが、今回は別居していたため当てはまらない。月別で比較した時には、3月においてメスの方がオスよりも有意に高い値を示していたが、他の月では有意差はなかった。繁殖期が夏季であるため、ホルモンの影響が一時的にあったかもしれない。一方、2頭のカバはいずれも、5月よりも6-7月の糞中コルチゾールが高かった。これは6月下旬の飼育舎の移動前に行っていた、移動檻への馴化トレーニングが要因であったと考えられる。コルチゾール上昇の要因としてその他に低気温があげられるが、この施設は暖房設備があるため、影響がなかったのかもしれない。また、来園者数は、暖くなる5月以降に増えるが、コルチゾール値にはその影響を受けた様子はなかったため、普段から聞いている騒音や来園者に対しては、大きなストレスを感じていないと思われる^[4]。

本研究から、札幌市円山動物園で飼育される2頭のカバの夜間行動の特徴と糞中コルチゾール濃度が明らかとなった。カバの夜間行動は制限されていることは事実であるが、夜間の活動性をどこまで引き上げるべきか今後議論が必要であろう。また、これまでにカバの糞中コルチゾール濃度についての報告は見つからない。今後、測定するサンプル数を増やすこと、また一年を通した測定を行うことで、コルチゾールの季節変化を明らかにすることもできるだろう。

要 約

人気の動物種の一つであるカバは、動きが緩慢に見えるためおとなしい動物と思われがちであるが、夜間は陸上を歩き活動的な一面を持つ。札幌市円山動物園では、新施設への移行と環境エンリッチメントの向上のため、2016年6月にカバの新獣舎への移動を行う計画をした。エンリッチメントの効果を検証するためには、行動学的指標と生理学的指標の両方を用いることが有効である。本研究では、飼育下カバの行動およびストレスホルモンを調べることで、今後のエンリッチメントの評価に応用するための基礎情報を集めることを目的とした。そのために、カバの夜間の行動を分析するとともに、非侵襲的に入手できる糞に含まれるグルココルチコイドの中でも一般的なコルチゾール濃度を測定することにした。円山動物園の雄と雌のカバ1頭、計2頭について調べた。夜間行動については、2016年4月26日～5月14日の午後5時～午前8時に撮影した映像を分析し、行動レポーターの量的評価を行なった。糞中コルチゾールの測定は、2016年2月1日～7月7日で採取した、オス141サンプル、メス98サンプルを用いて行った。糞を乾燥させ、エタノール抽出を行った後、Cortisol EIA kit (ARBOR ASSAY社)を用いて測定した。その結果、2頭のカバ共に夜間のほとんどの時間を陸で横になるか、水面や水中で過ごしていた。2頭のカバの糞中の平均コルチゾール濃度は、ドン 788 ± 327 pg/g、ザンは 998 ± 493 pg/g で、メスのザンの方が高かった。月別に見ると2頭ともに、5月よりも移動月の6-7月の方が高い値を示した。これは、新施設への移動直前の移動檻への馴化トレーニングがストレスにつながったのかもしれない。本研究結果は、さらにサンプル数を増やすことで、飼育下カバのストレス評価に役立つ行動および生理学的指標となると考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、カバのサンプル提供のご協力をいただきました札幌市円山動物園の高江洲さん、大澤さん、カバの飼育担当者の皆様に心より感謝の意を表します。

引用文献

1. 小宮輝之 2005. 新・飼育ハンドブック動物園編 4 展示・教育・研究・広報, 社団法人日本動物園水族館協会
2. デイヴィット・バーニーほか 2004. 世界動物

- 大図鑑. 日高敏隆ほか日本語版監修, ネコ・パブリッシング, 東京
3. 王子動物園“思い出のアルバム, 第3回「大人のための動物園講座」(平成11年6月27日)”.
<http://ojizoo.jp/html/oj-07-31.htm>
 4. 村田浩一, 楠田哲士 2011. 動物園学, 文永堂出版, 東京
 5. 近藤保彦, 小川園子, 菊水健史, 山田一夫, 富原一哉 2010. 脳ホルモンの行動学, 西村書店, 東京
 6. 清水慶子 2009. 尿および糞を用いたサル類の非侵襲的ホルモン測定法とその応用— Field Endocrinology のすすめ, 霊長類研究 Primate Res. 24 : 367–383
 7. 市民 Zoo ネットワーク HP. “エンリッチメント大賞 2016”<http://www.zoo-net.org/enrichment/award/2016/>(2021年6月11日取得)
 8. Barklow, W. E. 2004. Amphibious communication with sound in hippos, *Hippopotamus amphibius*. *Animal behaviour*, 68(5), 1125–1132.
 9. Blowers, T. E., Waterman, J. M., Kuhar, C. W., and Bettinger, T. L. 2010. Social behaviors within a group of captive female *Hippopotamus amphibius*. *Journal of ethology*, 28(2), 287–294.

Summary

Hippopotami are some of the most popular zoo animals and are generally thought of as peaceful and slow-moving. However, wild hippopotami exhibit aggressive behavior while searching for food on land at night. Maruyama Zoo in Sapporo City moved their hippopotami to a new animal facility with improved environmental enrichment. Subsequently, behavioral and physiological indicators were monitored to verify the effect of this enrichment. In this study, we analyzed the night-time behavior of captive hippopotami and measured fecal glucocorticoids using non-invasive sampling. We surveyed two hippopotami, one male and one female, at Maruyama Zoo. Their night-time behavioral repertoire was quantitatively evaluated by analyzing video images taken between 5 pm and 8 am from April 26 to May 14, 2016. In total, 141 male and 98 female fecal samples were collected from February 1 to July 7, 2016. After the feces were dried, ethanol extraction was performed and fecal cortisol levels measured using a Cortisol EIA kit. The results showed that both hippopotami spent most of the night lying on land or at the surface of the water. The average fecal cortisol level in the two hippos was 788 ± 327 pg/g for the male and 998 ± 493 pg/g for the female. Based on monthly observations, higher cortisol values were found in both animals in the moving month than in the preceding month. It is speculated that various events just before moving might have induced stress in the hippopotami. Our study provides useful information on nocturnal behavior and physiological indicators for assessing stress in captive hippopotami.