

## 世界かんがい施設遺産の2つの素掘り農業用水路トンネルを季節で使い分ける ユビナガコウモリ *Miniopterus fuliginosus*

坂本真理子<sup>1,2</sup>, 坂田拓司<sup>1,3</sup>, 天野守哉<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>熊本野生生物研究会, <sup>2</sup>くまもと里と山研究所,

<sup>3</sup>文徳高等学校, <sup>4</sup>熊本県立熊本工業高等学校

### The eastern bent-winged bat uses two World Heritage Irrigation tunnels depending on the seasons

Mariko Sakamoto<sup>1,2</sup>, Takuji Sakata<sup>1,3</sup>, Moriya Amano<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Kumamoto Wildlife Society, <sup>2</sup>Kumamoto Village and Mountain Research Institute,

<sup>3</sup>Buntoku Senior High School, <sup>4</sup>Prefectural Kumamoto Technical High School

キーワード: ユビナガコウモリ, 世界かんがい施設遺産, 農業用水路トンネル, 出産・哺育期, 冬眠期, 温湿度

#### 摘要

- 1 熊本県菊池市のかんがい用水群(古川兵戸井手, 宝永隧道, 築地井手, 原井手)として世界かんがい施設遺産に登録された4つの農業用水路のうち, 古川兵戸井手(重味水路トンネル)と宝永隧道(今水路トンネル)の2水路についてコウモリ調査を行い, ユビナガコウモリのコロニーを確認した. 両トンネル間は直線距離で7.8km離れている.
- 2 重味水路トンネルで2013~2023年に, 今水路トンネルで2019~2023年に調査した結果, 重味水路トンネルで約7,000~40,000頭の出産・哺育コロニーを, 今水路トンネルで約3,500~9,000頭の冬眠コロニーを確認した. 両水路ともに利用個体数は1年を通して大きく変動した. バンドによって複数個体の移動が確認され, 季節によるねぐらの使い分けが明らかになった.
- 3 約200~300年前に手掘りで築造された2つの水路は, コウモリ類にとって諸条件を充たした安全で好適なねぐらとして機能していた.
- 4 重味水路トンネルの出産・哺育コロニーは安定して毎年形成されていたが, 頭数はこの10年間で増加傾向にあった.
- 5 重味水路トンネルの大規模な出産・哺育コロニーに対して今水路トンネルの冬眠コロニーの頭数は一部にすぎず, 今水路トンネル以外からも集まってきたが, どこから集まってきたかは不明である.
- 6 重味水路トンネルにおいて出産・哺育期にみられた巨大な幼獣コロニーでは成長段階がおおまかに2段階に

分かれており, 出産のピークが2回ある可能性が示唆された.

- 1 Of the four agricultural irrigation tunnels registered as World Heritage Irrigation Structures in Kikuchi city (Furukawahyodo Ide, Houei Zuidou, Tsukiji Ide and Hara Ide), bat surveys were conducted on two tunnels, Furukawahyodo Ide (Shigemi Tunnel) and Houei Zuidou (Ima Tunnel), and some colonies of Eastern Bent-winged Bat (*Miniopterus fuliginosus*) were confirmed. The distance between the two tunnels is 7.8 km in a straight line.
- 2 Surveys conducted in 2013-2023 in the Shigemi Tunnel and 2019-2023 in the Ima Tunnel revealed birthing and nursing colonies of approximately 7,000-40,000 bats in the Shigemi Tunnel and hibernating colonies of approximately 3,500-9,000 bats in the Ima Tunnel. The migration of several individuals was observed in different batbands, revealing the seasonal use of different roosts.
- 3 Two unlined tunnels about 200-300 years ago, provide safe and suitable roosts for bats.
- 4 Birthing and nursing colonies in the Shigemi Tunnel were stable and formed every year. The number of bats has tended to increase over the last decade.
- 5 Compared to the number of bats in the Shigemi Tunnel, the number of hibernating bats in the Ima Tunnel is low, and they also gather from outside the

Ima Tunnel. However, it is not known from where they are assembling.

- 6 Giant juvenile colony observed during the birthing and nursing period in the Shigemi Tunnel had roughly two growth stages. This suggests the possibility of two birth peaks.

## はじめに

熊本県の北部を流れる一級河川菊池川の上流に本研究の調査地である菊池市がある。菊池市には「菊池のかんがい用水群（古川兵戸井手，宝永隧道，築地井手，原井手）」として世界かんがい施設遺産に登録された農業用水路がある。登録された4つの農業用水路は約200～400年前に築造され，地元の水利組合による適切な維持管理によって数百年経った現在でも機能を低下させることなく，約615haの広大な水田を潤している（菊池市2019）。

今回，この4つの農業用水路のうち菊池市重味にある古川兵戸井手第1号トンネル（以下，重味水路トンネル）と，直線距離で約7.8km離れた菊池市今にある宝永隧道（以下，今水路トンネル）の2つの水路でコウモリ類の調査を行った。

調査のきっかけは2013年に老朽化が進んだ重味水路トンネルの改修工事が計画され，現地踏査の際にユビナガコウモリ *Miniopterus fuliginosus* の大規模な出産・哺育コロニーが確認されたことにある。

ユビナガコウモリは洞穴性のコウモリで，自然洞窟のほか，廃坑，ダム工事などの横坑，防空壕などの人工洞穴，隧道，地下水路を利用する（船越2023）。また，季節的にねぐらを使い分けており（船越・入江1982），冬眠期や出産・哺育期には洞穴内に大規模なコロニーを形成することが知られているが，その洞穴は国内全体でも限られている（船越・入江1982，沢田1996，繁田ほか2005，前田ほか2009）。

例えば，徐ほか（2005）は近畿地方の6県25カ所の洞穴を調べ14カ所で本種の生息を確認したが，繁殖場所は和歌山県の白浜海蝕洞1カ所しか確認されなかった。三笠ほか（2005）は千葉県内の85カ所の洞穴を調査してコウモリのねぐらを42カ所で確認したが，ユビナガコウモリの出産・哺育期のねぐらは見つからなかった。佐野（2016）は三重県において文献記録と筆者自身の未発表記録をまとめて25カ所で本種の生息を確認したが，出産・哺育コロニーは発見されなかった。九州内においても，入江（1997）は213カ所の洞穴を調査しているが，本種の出産・哺育洞は鹿児島県の中岳洞1カ所といくつ

かのごく小規模な洞穴を報告したのみである。ほかに，宮崎県の野添の穴（Funakoshi 1986）と鹿児島県大隅町の人工洞（船越 私信）で大規模な出産・哺育コロニーが発見されているが，いずれも九州南部に集中しており，九州北部～中部では確認されていない。

そこで本研究では，コロニーが見つかった重味水路トンネルについて年間の利用状況とトンネル内の温湿度の変動を把握し，周辺環境とトンネル内の物理的要因を考え合わせることで，出産・哺育期に利用される洞穴の条件を検討した。さらに，2019年に近くの中水路トンネルで冬眠期に多数のユビナガコウモリの利用が判明したため，この水路トンネルについても同様の調査を実施し，冬眠期のねぐら選択の条件を検討することとした。また，コウモリと世界かんがい施設遺産との関係についても考察した。

重味，今の両水路トンネルともにコキクガシラコウモリ *Rhinolophus cornutus*，キクガシラコウモリ *R. ferrumequinum*，ノレンコウモリ *Myotis bombinus*，モモジロコウモリ *M. macrodactylus*，ユビナガコウモリの5種が確認されたが，今回はユビナガコウモリに焦点を当てて報告する。なお，本稿における哺乳類の学名と和名は世界哺乳類標準和名リスト2021年度版（川田ほか2021）に従った。

## 調査地

調査地は菊池市重味にある重味水路トンネルと，直線距離で約7.8km南西方向に離れた同市今にある今水路トンネルの2カ所である（図1）。

古川兵戸井手は菊池川から取水し，総延長5.8kmの農業用水路である。途中で5つの水路トンネルがあり，今回の調査地の重味水路トンネルは取水門から最も近い最上流に位置する1号トンネルである。5つの水路トンネルのうち最も長く，築造当時のままの素掘り暗渠である。竹林に覆われた山際に流入口（北緯33.01，東経130.89，標高290m）があり，約8mの開渠部をはさみ上流部（47m）と下流部（215m）に分かれる（図1C）。水路トンネルは軽石を含んだ阿蘇火砕流堆積物（<https://gbank.gsj.jp/volcano/vmap/volcano20/volcano.html>，2023年11月20日確認）の地層からなり，築造されたのは約200年前の江戸時代後期の天保6年（1835年）である。幅は約110～130cm，高さは約240～300cmで60～70cmの深さで常に水が流れている。水路の北側は大分県・福岡県境まで広葉樹林やスギ・ヒノキ植林の広大な山地部が広がっている（図1A）。南側は集落や耕作地がモザイク状

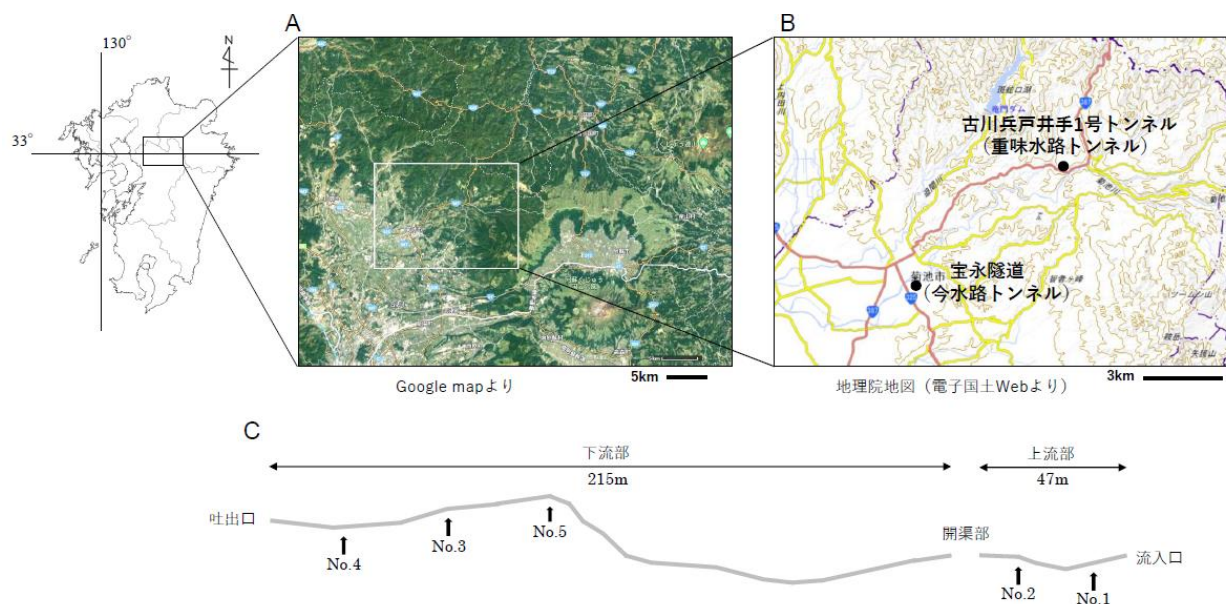


図1 調査地. A: 調査地周辺の衛星画像 B: 古川兵戸井手1号トンネル(重味水路トンネル), 宝永隧道(今水路トンネル)の位置. C: 重味水路トンネルの平面図(No.は温湿度ロガーの設置位置).

に分布するが, かなりの部分を樹林地が占めている. また, すぐ近くを菊池川やその支川が複数流れている.

一方, 今水路トンネルも菊池川から取水している. 取水口は重味水路トンネルよりも下流に位置し, 集落内に吐出口(北緯 32.97, 東経 130.82, 標高 60m)がある. 全長は 302m で, この地層も阿蘇火砕流堆積物(<https://gbank.gsj.jp/volcano/vmap/volcano20/volcano.htm>, 2023年11月20日確認)である. 約300年前の江戸時代中期の宝永2年(1705年)に築造された. 幅は約180cmで流入口付近の高さは140~160cmだが, 途中から260~300cmの高さに変わり吐出口まで続いている. 天井が高い区間にはS字状に曲がる箇所が1カ所とクランク状に屈曲した箇所が2カ所あり, クランク状の2カ所には通気用の縦穴がある. 底面はコンクリートで補修されているが側壁と天井は築造時の素掘りのままであり, 70cm ぐらいの高さまでは常に水が流れている. 今水路トンネルは菊池平野の西端近くに位置する(図1A). 北側一帯は菊池市街地になっている. 西から南側は水田を主とした耕作地が広がり, 南から東側の丘陵地は畑地が多くを占めながらも, 広葉樹二次林やスギ・ヒノキ植林の地域も点在する.

## 方法

調査地は常に水が流れている水路トンネルのため, 調査前には水止めについて水利組合との調整が必要であった. そのため調査時期及び回数は限られたが, 可能な限

り出産・哺育期にあたる夏季(7月~8月)と冬眠期にあたる冬季(12月~2月)を含めて調査できるように努めた.

調査は水止めで水位が下がった水路トンネル内を静かに歩きながら, 赤色ライトを使用してコウモリ類を探索し, 目視, 捕獲, 写真撮影により個体数及び種の判別をおこなった. コロニーが見つかった場合は写真撮影し, パソコン上で面積と個体数密度から全体数を推定した(繁田ほか 2005). また, コロニーの一部を捕獲し, 雌雄と成獣・幼獣の別を確認後, 電子ノギス((株)ミットヨ PC-15JN 最小単位 0.1mm)で前腕長を, 電子天秤((株)ランドリテイリング GP-311 最小単位 0.01g)で体重を計測し, バンド(翼帯)を装着して放獣した. なお, バンド装着個体はできるだけ再捕獲に努めた. さらに, 継続的に温度と湿度を測定するために, 重味水路トンネル内に温湿度データロガー(ハイグロクロン: 株式会社 KN ラボラトリーズ 温度分解能 0.5°C 精度 0.8°C 湿度分解能 0.6% 精度 5%, EL-USB-2-LCD: 株式会社佐藤商事 温度分解能 0.5°C 精度 0.5°C 湿度分解能 0.5% 精度 3%)を, 今水路トンネル内に温度ロガー(サーモクロン G タイプ: 株式会社 KN ラボラトリーズ 温度分解能 0.5°C 精度 1.0°C)をそれぞれ2カ所ずつ設置した. なお, 重味水路トンネルでのロガーの設置位置はコロニーの形成場所が変動したため, 年によって異なっている(図1C). また, 調査地に最も近い菊池観測所(標高 83m)の1時間ごとの測定気温(<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>

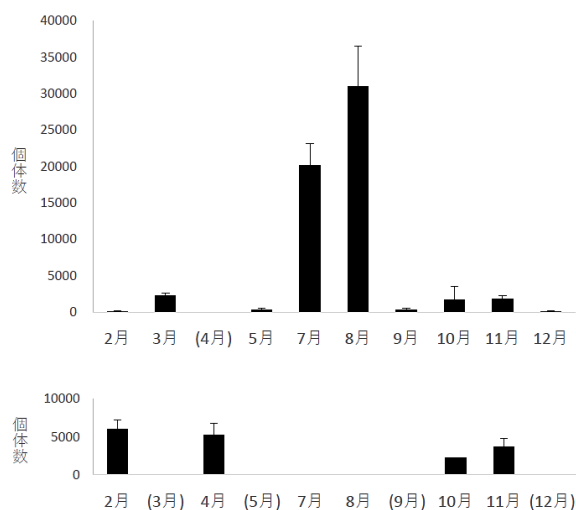


図2 月別生息数. 上段: 重味水路トンネル, 下段: 今水路トンネル, ( ) は未調査月を示す.

2023/12/5 確認) を外気温とみなし比較に用いた. コウモリ類の捕獲については熊本県から学術捕獲許可 (平成 25 年度 10-0032 号, 平成 26 年度 10-0010 号, 平成 27 年度 10-0033 号, 平成 28 年度 10-0065 号, 平成 29 年度 10-0049 号, 平成 30 年度 10-0004 号, 令和元年度 10-035 号, 令和 2 年度第 28 号, 令和 3 年度第 28 号, 令和 4 年度第 13 号, 令和 5 年度第 498 号) を得て実施した.

## 結果

調査は重味水路トンネルで 2013 年 7 月～2023 年 8 月までに計 36 回, 今水路トンネルで 2019 年 2 月～2023 年 4 月までに計 14 回, 合計 50 回実施された.

### 1. 各トンネルにおける年間の利用状況

#### 重味水路トンネル

ユビナガコウモリの利用状況は月によって大きく異なっていた (図 2, 表 1). 1 年のうちで生息数が最も少なかったのは冬眠期の 12 月と 2 月であり, 12 月は 36～350 頭, 2 月はさらに少なく 2014 年の 851 頭を除くと毎年 1～38 頭の範囲にとどまった. 活動期に入った 3 月になると 1,850～2,653 頭に増加したが, 5 月にはいったん減少したのち, 出産・哺育期の 7・8 月になると非常に多くの個体による利用が見られ巨大な出産・哺育コロニーが形成された. 7 月は 7,000～31,000 頭 (平均±SE = 20128.6±7424.8 頭), 8 月は 20,800～40,000 頭 (30934.0±7874.7 頭) であった. その後, 9 月には成獣・幼獣ともにほとんどの個体がほかの場所に移動して 7～600 頭と激減している. 10 月～11 月はいくらか増加が見

られ, 3 月と同程度の生息数だった.

また, 出産・哺育期には 2023 年を除きコロニーは常に複数観察され, そのうちの主に幼獣中心のコロニー近くの壁面や天井部でアオダイショウを見かけることがあった.

#### 今水路トンネル

最も生息数が多いのは冬眠期の 2 月であった (図 2, 表 1). 年によって生息数は異なるものの 3,500～9,000 頭が利用しており, 毎年大きなコロニーを形成していた. 活動期の 4 月も引き続いて 700～8,000 頭と比較的多くの利用が見られた. しかし 7 月 (2020 年) や 8 月 (2021 年) はトンネル内にユビナガコウモリは観察されず, 出産・哺育にはまったく利用されていなかった. その後, 秋になると再び生息数は増えて, 10 月は 2,200 頭, 11 月は 1,600～4,000 頭であった. 2020 年の秋 (11 月 25 日) に約 1,600 頭観察され, その年の冬 (2021 年 2 月 17 日) には 9,000 頭に, 2021 年秋 (11 月 22 日) も約 5,500 頭から, その冬 (2022 年 2 月 22 日) には 6,500 頭にそれぞれ増加していた. 冬眠期は 12 月～2 月頃であるが, 菊池市では冬眠期のねぐらへの移動は 11 月下旬を過ぎてもまだ行われていたことになる.

コロニーは天井が高い区間で観察され, その位置は季節で異なり, 気温が低下する晩秋 (11 月) と冬眠期 (2 月) は下流側に, 春 (4 月) と秋 (10 月) は上流側に形成されていた. なお, 11 月と 2 月のコロニーは 1 ヶ所のみであり, 大きな 1 つの塊を形成して生息していた.

再捕獲については, 夏季は重味水路トンネルの出産・哺育コロニーで, 冬季は今水路トンネルの冬眠コロニーで捕獲された標識個体は 5 頭観察され, 両水路間での往来が確認された. また, 今水路トンネル内で冬眠期に複数年の利用が見られた標識個体は 9 頭確認された.

### 2. 重味水路トンネルにおける出産・哺育コロニー

7・8 月はユビナガコウモリの大規模な出産・哺育コロニーが観察されたが, ほとんどの年で主に幼獣からなるコロニー, 主に成獣からなるコロニー, 成獣と幼獣の混合コロニーをいくつか組み合わせた形で複数のコロニーに分かれていた (図 3).

主なコロニーに着目すると, 7 月上旬 (2015 年) は水路トンネル下流部で, 生まれて間もないピンク色の裸の幼獣とそれを取り巻く成獣からなるコロニーがみられた (図 4A). 7 月中旬～下旬 (2016 年, 2017 年, 2021 年) には主に幼獣から成るコロニーが水路トンネル上流部に, 成獣が中心のコロニーが下流部にと, 幼獣と成獣が大きく分かれて観察された (図 3). このうち 2017 年の 7 月

表1 調査期日と結果概要

No.	年	月	日	重味	今	捕獲数	備考
1	2013	7	22	7,000	-	2	
2		12	17	350	-	30	コロニー周辺に雌雄の6ペアが分散していた
3	2014	2	10	851	-	8	
4		3	18	2,500	-	7	
5		5	13	600	-	1	
6		7	22	12,400	-	-	
7		9	19	7	-	2	
8		11	1	2,402	-	3	
9	2015	2	10	1	-	-	
10		7	3	21,000	-	-	ピンク色の裸の幼獣を取り囲むように成獣あり
11		9	4	600	-	-	
12		11	20	555	-	16	
13	2016	2	9	6	-	-	
14		7	25	24,000	-	5	主に幼獣、主に成獣のコロニーが見られた
15		10	4	10	-	-	
16		12	19	36	-	-	
17	2017	3	3	2,653	-	14	下流部にコロニー形成
18		5	25	0	-	-	
19		7	17	21,000	-	-	幼獣を中心としたコロニーにおいて、ピンク色の幼獣と黒褐色の集団が帯状に分布。主に成獣からなるコロニー2カ所、成獣・幼獣のコロニー1カ所
20		11	20	1,800	-	29	下流部にコロニー形成
21		12	26	102	-	1	
22	2018	2	8	26	-	-	
23		8	2	20,800	-	-	成獣・幼獣の混合コロニー、幼獣コロニー
24		10	31	3,501	-	22	下流部にコロニー形成
25	2019	2	8	22	-	-	
26		2	21	-	5,000	18	下流側にコロニー形成
27		4	27	-	7,000	1	上流側にコロニーを2カ所形成
28		11	15	1,903	-	19	上流部にコロニー形成
29		11	29	-	4,000	17	下流側にコロニー形成
30	2020	2	5	4	-	2	
31		2	21	-	3,500	8	下流側にコロニー形成
32		4	25	-	700	-	上流側にコロニー形成
33		7	31	-	0	-	
34		7	31	24,500	-	3	幼獣を中心としたコロニーにおいて、紫がかかった黒色の色素沈着がある幼獣と黒褐色の集団が帯状に分布。主に成獣からなるコロニーは3カ所
35		11	25	-	1,600	3	下流側にコロニー形成
36		11	25	1,801	-	21	上流部にコロニー形成
37	2021	2	17	-	9,000	22	下流側にコロニー形成
38		3	10	1,850	-	15	上流部にコロニー形成
39		7	28	31,000	-	5	主に幼獣のコロニー1カ所、主に成獣のコロニー1カ所
40		8	2	-	0	-	
41		11	22	-	5,502	17	下流側にコロニー形成
42		11	22	4,000	-	13	上流部にコロニー形成
43	2022	2	22	-	6,500	19	下流側にコロニー形成
44		2	22	38	-	-	
45		4	24	-	5,001	13	上流側にコロニー形成
46		8	1	32,002	-	25	幼獣を中心としたコロニーにおいて、明るい茶色と暗い茶色の幼獣がそれぞれ帯状に分布。主に成獣からなるコロニーは2カ所
47		10	18	-	2,200	-	上流側にコロニー2つ形成
48		11	25	115	-	9	上流部に小さなコロニー
49	2023	4	23	-	8,000	36	上流側にコロニー形成
50		8	20	40,000	-	17	成獣と幼獣がともに大きな一つのコロニーを形成 幼獣の毛の色は成獣にほとんど近い色

中旬の幼獣コロニーは水路に沿って中央部には毛がはえた黒褐色の集団が分布し、その両側に生まれて間もないピンク色の裸の幼獣が帯状に分布し、大きく2つの集団から成っていた (図 4B)。毛がはえた黒褐色の個体は捕

獲による齢の判定をしなかったが、調査中もあまり飛翔しなかった。7月末～8月初旬 (2018年、2020年、2022年) には、幼獣を中心とする巨大なコロニーが見られ、端の方では部分的に成獣が混じっていた。

幼獣を中心とするコロニーは、2020年も先述と同様に成長段階が大きく2つに分かれ、7月末には毛が生えそろった黒褐色の集団が中央部に、その両側に紫がかった黒色の色素沈着が見られ毛が生え始めた幼獣が帯状に分布していた(図4C)。なお、毛が生えそろった黒褐色の個体は捕獲による齢の判定をしなかった。2022年も毛の色は二段階見られ(図4D)、中央部は成獣の毛の色に似たこげ茶の集団が、その両側に黒褐色の集団が帯状に分布していた。それぞれ数個体を捕獲して中手骨と第一指骨の関節部分を確認して成長状況を判断(コウモリの会 2011)したところ、中央部の個体は帯状に明るく透けていたのに対し、両側の個体は若干透けた白色で骨化が進んでいた。成長段階が進んだ幼獣集団が中央に、遅い幼獣集団が両側に位置し、明確な境界を作って幼獣コロニーが形成されていた。8月下旬(2023年)では成獣と幼獣が混在する1つの巨大なコロニーのみが形成されていた。また、幼獣の毛の色は成獣に近いこげ茶色になっており、飛翔能力も発達していた。調査を始めた2013年から2023年まで毎年、出産・哺育コロニー

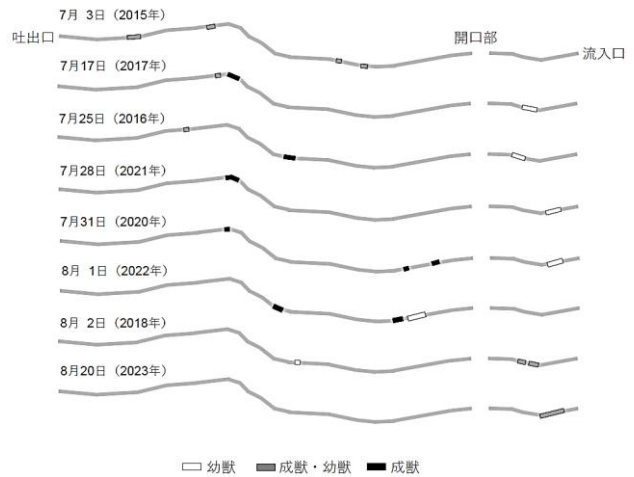


図3 重味水路トンネル内における出産・哺育期のコロニー位置。

は観察されているが、その規模は増加傾向にあった(図5)。

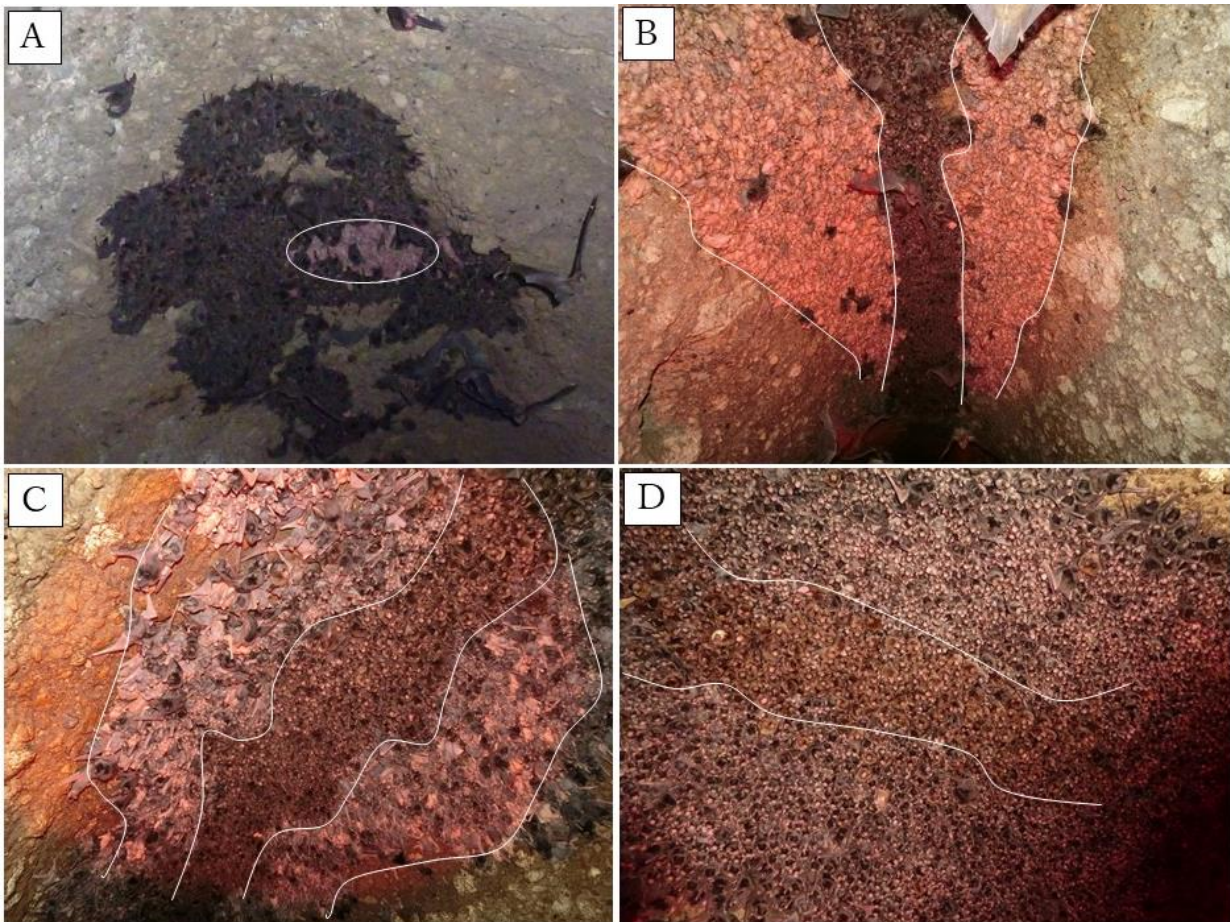


図4 コロニー内の幼獣の状況(重味水路トンネル)。A: 2015年7月3日, B: 2017年7月17日, C: 2020年7月31日, D: 2022年8月1日。写真内の白線は成獣と幼獣、または成長段階の異なる幼獣のコロニーの境界を示す。

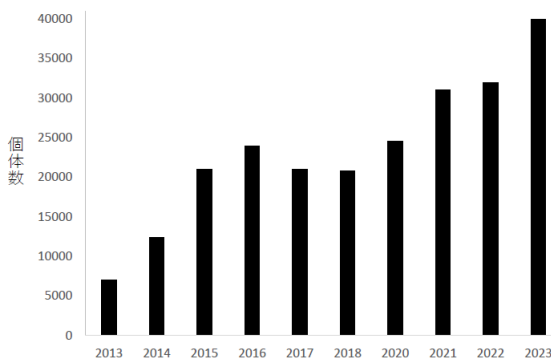


図5 出産・哺育期における生息数の経年変化（重味水路トンネル）。

### 3. 2つの水路トンネルの温度比較

水路トンネル内は水が流れているため1年を通して湿度（重味水路トンネル 2021年平均±標準偏差：100.0±0.1%）は高く保たれていた。このことが原因と思われる温湿度ロガーの故障により、連続的なデータが得られなかった期間も多かった。2つの水路トンネル内の温度変化について、ほぼ1年間のデータが得られたのは重味水路トンネルでは2020年12月～2021年11月、今水路トンネルでは2021年12月～2022年11月（10月12～17日欠測）だけであった（図6）。なお、外気温は2020年12月～2021年11月のデータを用いて比較した。

また、表2に示す出産・哺育期及び冬眠期の比較では、出産が始まる6月から成獣と幼獣との差があまり見られなくなる8月までと、冬眠している12月から2月までを抽出した。なお、No.1, 2のロガーについては出産・

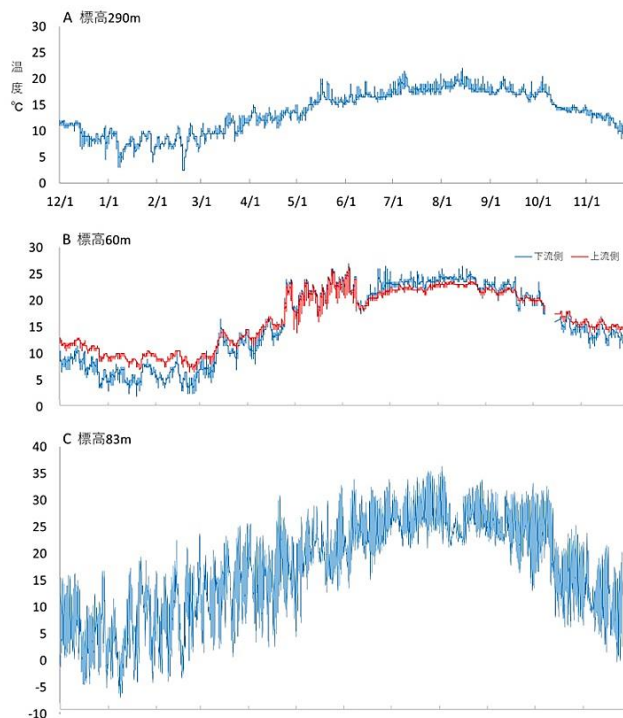


図6 年間の気温変化。A: 重味水路トンネル (2020/12～2021/11), B: 今水路トンネル (2021/12～2022/11, 2022/10/12～17欠測), C: 外気温 (菊池観測所 2020/12～2021/11)。

哺育期や冬眠期の連続的なデータは得られなかった。

1年間の温度変化を比較すると、外気温は7.0～36.4（平均±標準偏差=16.9±9.2）℃の範囲にあり大きく変動した。なお、外気温は標高87mの菊池観測所の値であり、標高60mの今水路トンネル周辺はほぼ同度、標高290mの重味トンネル付近では、1～2℃低かったと予測した

表2 各水路における出産・哺育期と冬眠期の気温。

時期	年	重味水路トンネル		今水路トンネル	
		平均±SD	(最低-最高) °C	平均±SD	(最低-最高) °C
出産・哺育期 (6-8月)	2016	No.4	18.5±1.8 (14.5-24.0)	-	
	2019	No.5	17.9±1.2 (15.0-22.0)	-	
	2020	-		下流側	20.5±1.1 (18.2-23.3)
	2021	No.3	17.8±1.2 (15.0-22.0)	-	
	2022	No.5	17.5±2.3 (12.0-22.5)	上流側	21.6±1.5 (18.0-24.0)
越冬期 (12月-翌年2月)	2020	-		下流側	22.5±2.1 (17.0-26.5)
		-		下流側	20.9±2.8 (12.0-24.5)
	2021	No.3	8.5±1.9 (2.5-12.0)	-	
		No.5	10.3±1.0 (5.5-12.5)	上流側	9.8±1.4 (6.5-13.0)
2022	-		下流側	6.4±1.9 (2.0-11.5)	
	-		上流側	10.3±1.4 (7.0-15.0)	
				下流側	7.2±2.1 (1.0-12.5)

([https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo\\_hp/kion.html](https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/kion.html), 2024年1月31日確認「気温の減率」より). 重味水路トンネル内は 2.5~22.0 (平均±標準偏差=17.5±2.3) °C, 今水路トンネル内の上流側は 6.5~26.5 (16.5±5.2) °C, 下流側は 2.0~27.0 (15.6±6.9) °Cの範囲にあった. いずれも変動幅は外気温より小さく安定した温度環境であったが(図6), 平均温度は重味水路トンネルの方が若干高く, 変動幅も小さかった.

出産・哺育期の6月~8月について両トンネルのデータが得られた2022年の温度を比較すると, 大規模な出産・哺育コロニーが形成される重味水路トンネル(平均±標準偏差=17.5±2.3°C, 範囲 12.0~22.5°C)は, まったく利用が見られない今水路トンネルの上流側(21.5±1.5°C, 18.0~24.0°C)や, 下流側(22.5±2.1°C, 17.0~26.5°C)よりも平均気温が低かった(表2).

一方, 冬眠期の12~翌年2月について両トンネルのデータが得られた2021年の温度を比較すると, 数千頭の大規模なコロニーが形成される今水路トンネル下流側(平均±標準偏差=6.4±1.9°C)は, コロニーが形成されない上流側(9.8±1.4°C)や, ごく少数しか利用されない重味水路トンネル(10.3±1.0°C)よりも平均気温が低かった(表2).

## 考察

### 1 出産・哺育期のねぐら選択

洞穴性コウモリは季節的にねぐらを使い分けており, 特定のねぐら間を移動している(船越・入江 1982). 特に個体群を維持していくための出産・哺育期のねぐらは重要であり, この時期の環境条件に適したねぐらは大規模なコロニーが形成される.

我が国において出産・哺育期の大規模なコロニーは, 日本全体でみると, 和歌山県の白浜千畳敷海蝕洞で約32,000頭(徐ほか 2005), 島根県のコウモリ穴海蝕洞で約25,000頭(沢田 1996), 新潟県の猩々海蝕洞で20,000頭以上(箕輪 1994, 箕輪 1999), 山形県の八乙女海蝕洞で約9,000頭(澤田 2003)等が知られている. 九州内では報告された3カ所のうち宮崎県の野添の穴は近年の自然災害で消失した(船越 私信). 残りの鹿児島県の中岳洞では約8,600頭(Funakoshi 1986), 鹿児島県大隅町の人工洞で約15,000頭(船越 私信)が確認されている程度である. 今回の重味水路トンネルは少なくともこの10年間は毎年安定的に出産・哺育期に利用されており, その規模も約7,000~40,000頭で九州最大級の出産・哺育コロニーといえる.

船越・入江(1982)は, 九州地方で大規模な出産・哺育集団の形成場所が発見されるとすればコウモリにとって極めて安全なところである, と述べている. 安全な出産・哺育場所の条件である以下の6項目について, 両水路トンネルの状況を整理する.

### 重味水路トンネル

#### ① 人と捕食者の侵入防止

水路は約60~70cmの深さで常に水が流れており人の侵入は困難である. 年に数回, 水止めを行って掃除や点検が行われるが, それは水田に水を張る時期, すなわちユビナガコウモリの出産・哺育期の前後になるため影響は小さいと考えられる.

捕食者としては, まず, アブラコウモリで捕食が報告されている夜行性猛禽類のフクロウが考えられる(森井・塩入 1996). 採餌に出かけた母獣は捕食されることがあるものの, 翼開長94~102cm(高野 2007)のフクロウが幅110~130cmの重味水路トンネル内へ侵入するのは困難であるため, 夜間に水路内に残された幼獣は安全と考えられる. また, 昼間にカラスがねぐら内のヒナコウモリを捕食することが報告されているが(前田・船越 2022), 水路トンネル内は昼間でも暗いので侵入してコウモリを捕食する可能性は低いと考えられる. 次にハクビシンによるニホンキクガシラコウモリの捕食例があり(佐野 2023), 捕食者として雑食性の中型哺乳類も考えられる. しかし, 水が流れている状況では侵入は困難であり, 泳いで侵入したとしても水面から天井までは170cm以上あり, コウモリを捕らえることはできない. ただし, アライグマは泳ぎが得意なうえ身体能力が高く家屋の柱や獣害対策ネットを登れるので(環境省 2012), 凹凸のある壁面は登れる可能性があり, 潜在的な脅威ではある. 他にヘビ類があげられる. 7・8月の調査中に幼獣コロニー近くでアオダイショウが観察されることがあった. 母獣は飛んで逃げることができるが, 幼獣は飛翔可能になる出産後約1ヵ月(庫本ほか 1975)までは捕食される可能性がある. しかし, これまで調査中に確認したアオダイショウは常に1個体であり, ユビナガコウモリの個体数と比較して大きな脅威にはならないと思われる.

#### ② 高湿度

水路トンネル内は常に水が流れているため, 年間を通して湿度はほぼ100%に保たれていた. 特に毛が生えそろうわいな時期の幼獣にとっての高湿度は乾燥から身を守るための重要な環境条件といえる.

#### ③ 温度の安定



水路内の気温については、例えば 2022 年の出産・哺育期に外気温は 14.0~37.0°C と大きく変動したが、水路内は 12.0~22.5°C と変動は小さかった。また、年次変動についても最低気温は 12.0~15.0°C、最高気温は 22.0~24.0°C の範囲で安定していた。ユビナガコウモリの出産・哺育コロニー周辺の温度は鹿児島県中岳洞で 22.5~24.5°C (Funakoshi 1986)、和歌山県白浜海蝕洞で 27.0~37.5°C (前田ほか 2009)、これらに対し重味水路トンネルは比較的低温であった。このことは、出産・哺育の場所として許容できる温度範囲はより低温側に広いことを示している。Funakoshi (1986) は哺育集団内の幼獣同士は体を密に接し合うので、高体温を維持し急速な成長を可能にすると報告し、船越 (2020) はねぐら付近の気温 25°C 以下でも幼獣集団中心部では 40°C 前後の体温を維持し、急速な成長を可能にしていると報告している。このことから、ねぐらの温度が比較的安定しており、出産・哺育コロニーが大規模であれば気温 22°C 以下の場所も選択されると推測される。

#### ④ 壁面の形状

水路トンネルの壁面は、火砕流堆積物の岩質に加えて素掘りしたノミ跡、さらに約 200 年の風化作用が重なり大小さまざまな凹凸ができており、幼獣がつかまりやすい形状になっている。三笠ほか (2005) はユビナガコウモリを含む洞穴性コウモリ 4 種のねぐらの環境選択について調べ、壁面の形状については 4 種ともに素掘りが多かったことを報告している。洞穴性コウモリにとって素掘りは生息しやすさの大きな条件と考えられる。

#### ⑤ ねぐらの空間

多くの洞穴性コウモリは出産・哺育コロニーを形成し、群れ効果によって幼獣の体温維持を助け、保温にかかる母獣の哺育コストを軽減する (佐野 2008)。つまり幼獣コロニーサイズが大きくなれば繁殖成功への安全性も増すことになるため、洞穴内の空間はある程度の広さが求められる。重味水路トンネルの幅は約 110~130cm と狭いものの天井部はゆるいアーチ型で全長 242m と長く、十分な空間がある。実際に、最大 40,000 頭のコロニーが形成されていたので大規模コロニーになっても問題ないことがわかる。

#### ⑥ 餌量

ユビナガコウモリは林冠、河川、草原などの上が開けた空間を採餌場所として利用する (船越 2023)。重味水路トンネルの周辺は広葉樹二次林やスギ・ヒノキ植林の山地部が広がっており、すぐ近くには菊池川やその支川に加え耕作地も多い (図 1A)。哺育期の授乳にかかるエネルギー投資は母獣にとっての大きな負担となるため

(船越 2020)、近辺に良好な餌場が広がっていることはねぐら選択の大きな要因になると思われる。

以上から、重味水路トンネルは出産・哺育期のねぐらとして極めて安全・安心な好適環境にあり、毎年大規模な出産・哺育コロニーが形成されるのも妥当と考えられる。

### 今水路トンネル

ここは出産・哺育期にまったく利用されていなかった。この要因を先述の 6 つの条件について考察する。①人や捕食者の侵入防止や②高湿度、③温度、④壁面の形状については重味水路トンネルと同様の環境と考えられる。

#### ⑤ ねぐらの空間

全長 302m の長い水路のため大きなコロニーの形成は可能である。しかし、水路トンネルの構造には両トンネルで違いがある。重味水路トンネルはゆるくカーブしている箇所がいくつかある程度だが、今水路トンネルは幅約 180cm の水路に S 字状に曲がる箇所が 1 ヶ所とクラック状に屈曲した箇所が 2 ヶ所ある。ユビナガコウモリは狭長型の翼を持っていて高速飛行をするので、狭い曲がりくねった洞窟は苦手である (庫本 1994)。そのため、今水路トンネルは毎晩採餌に出かける活動期には利用しにくく、飛び始めて間もない頃の幼獣にとっても好適な場所とは考えにくい。

#### ⑥ 餌量

重味水路トンネルと状況が異なっているかもしれない。今水路トンネルのすぐ近くに菊池川は流れているが、それより北側一帯は市街地であり、西から南側は耕作地が広がる。東から南側は樹林地が広がる地域も見られるが、重味水路トンネル周辺と比較すると明らかに面積は小さく (図 1A)、母獣にとって近くに良好な餌場が少ないことは出産・哺育期のねぐらとして選択されにくいだろう。

今回、偶然にも九州内で大規模な出産・哺育コロニーが見つかった。先述したようにユビナガコウモリが出産・哺育期に利用するねぐらはごく少数に限られるため、九州北中部において大規模な出産・哺育コロニーが形成される重味水路トンネルは、九州を中心に生息する個体群にとっては要の場所といえる。また、本種の出産・哺育場所や越冬地への移動距離は個体によっては 200km 以上におよぶことから (船越 2023)、九州外の個体群にとっても同水路トンネルは重要な場所と考えられる。

## 2. 冬眠期のねぐら選択

冬眠はコウモリにとって厳しい気候と食物が欠乏した時期に不活発状態を維持し、エネルギーを節約して冬を

乗り切る手段である(船越 2000)。そのため、活動がにぶる冬眠期のねぐらは出産・哺育期と並んで重要な場所になる。

冬眠期のコロニーについて日本全体でみると、千葉県南部のトンネル跡で82,700頭(繁田ほか 2005)の大規模な冬眠コロニーが見つかるほか、滋賀県の河内風穴で約8,000頭(徐ほか 2005)、奈良県の旧導水路で8,000頭(井上ほか 2004, 徐ほか 2005)、山口県の姫山の穴で約6000頭(庫本ほか 1975)、福井県の鳥羽川隧道で約5,000頭(徐ほか 2005)の比較的大きなコロニーが確認されている。九州内では熊本県球磨郡球磨村の大瀬洞で最大25,000頭(船越・入江 1982, 坂田 2010, 坂田 2019, 坂田ほか 2022)、大分県の白山権現穴で8,000~12,000頭(澤田 2003)といった大規模コロニーが報告されている。

今回、冬眠コロニーが観察された今水路トンネルはこれまで3,500~9,000頭の利用であり、それに対して出産・哺育期に重味水路トンネルでは約7,000~40,000頭の大規模コロニーが毎年形成されている。ここで出産した雌が冬眠期に今水路トンネルを利用していることは本研究で明らかになったが、その利用は出産・哺育コロニーの一部にとどまっている。2021~2022年冬季を例にとると、2021年夏季に重味水路トンネルで約31,000頭の出産・哺育コロニーが観察されている。本種は1産1子(庫本ほか 1975)なので集まっていたのがすべて成獣雌だと仮定するならばその数は約15,500頭になる。また、ユビナガコウモリの性比(雄/雌)は0.950であることから(庫本・内田 1991)、この地域の個体群として冬眠する雄成獣、雌成獣、幼獣の合計は概数で約46,000頭になる。今水路トンネルではこの冬に約6,500頭が確認され、亜成獣が含まれていることを考慮すると14%以下の利用であり、残り86%以上については今水路トンネル以外の場所を冬眠期のねぐらに選択していると考えられる。

冬眠期のねぐらは気候変動をあまり受けにくい比較的に低温を保持している場所で、しかも人為的妨害を受けにくい洞窟が選択されている(船越・入江 1982)。また、冬眠期は無防備なため、安全性も冬眠場所を選択する条件になる(船越 2000)。さらに、ねぐら付近の気温が上昇傾向にある場合も下降傾向にある場合も、群塊を形成することで好適な冬眠体温を維持している(船越 2000)。ユビナガコウモリの生息確認箇所数は冬眠期もそれ以外も素掘りで水のある洞穴が最も多く、冬眠期に頻りに洞内で水を飲むのが観察されており(三笠ほか 2005)、冬

眠期の湿度は70~100%を示す(Funakoshi and Uchida 1978, 船越 1994)。

これらから、冬眠期の好適なねぐらの条件としては①人や捕食者の侵入防止、②高湿度、③比較的低温で安定、④大きな群塊を形成できる空間、⑤壁面の形状、⑥飲用できる水、の6項目が挙げられる。

今水路トンネルは①, ②, ④, ⑤, ⑥の5項目については出産・哺育期のねぐらで述べたように十分に条件を充たしている。

### ③ 比較的低温で安定

2021年~2022年冬眠期の外気温は-6.5~4.6℃とかなり低かったが、冬眠コロニーが形成される下流側では2.0~11.5℃、平均6.4℃の気温が保持されていた。ユビナガコウモリの冬眠期間中の選択温度は5~8℃(Funakoshi and Uchida 1978, 船越 1994)であり、好適温度より上下する日があるものの、適した環境温度が維持されていると思われる。

実際、今水路トンネルは、翼帯を装着した個体が複数回の冬眠期に確認され、この時期のねぐらとして安定した環境であることが示されている。今水路トンネル以外の冬眠期のねぐらとして、重味水路トンネルが考えられるが、2021~2022年の冬眠期に利用したのは数十頭であった。これは温度が平均10.3℃と冬眠期間中の選択温度の5~8℃(Funakoshi and Uchida 1978, 船越 1994)より高く、冬眠期のねぐらとしては適さなかったためと思われる。近隣の築地井手と原井手の水路トンネルは調査を行っていないので冬眠期の利用は不明である。しかし、三笠ほか(2005)はねぐらの選好性についてユビナガコウモリは水のある洞穴を有意に選択していたと報告していることから、要件を充たす両井手の水路トンネルはともに冬眠期に利用されている可能性はある。

## 3. 幼獣コロニーに見られた二段階の成長

2017年、2020年、2022年に出産・哺育期に見られた主に幼獣からなるコロニーにおいて成長段階が大きく2つに分かれているのが観察された。いずれも水路トンネルに沿って中央部の集団とそれを挟むような形で両側に幼獣集団が確認されている。2022年は捕獲した結果、その体毛の色や大きさ、中手骨と第一指骨の関節部分の骨化の差は漸次的ではなく明瞭に二段階に分かれた幼獣集団であることが確認された。

Funakoshi (1986)は幼獣コロニーの中心部にいる幼獣は周辺部より早く成長することを報告し、その要因はコロニー中心部で40.0℃、端で36.3℃という温度差を指摘している。この場合、コロニー内における成長段階の

違いは漸次的になると考えられる。

2017 年と 2020 年については、捕獲確認は実施しなかったため中央部の集団の成幼は不明であるが、調査中に飛翔する様子はほとんど見られなかった。幼獣の活発な採食活動が開始されるのは生後約 45 日をすぎた 8 月中旬に入ってからであることから（船越・内田 1975）、あまり飛ばない中央部の集団は幼獣の可能性が高い。さらに、本種は基礎代謝率が著しく低く体温も 26~35℃と比較的低いことや（船越 2000）、昼間の休息時間帯に体温を積極的に下げて日内休眠を取ることでエネルギー消費を節約する（船越ほか 2007）。つまり、母獣にとって体温よりも高い約 40.0℃というコロニー中心部の温度は適さない環境である。これらのことを考え合わせると、2017 年と 2020 年も中央部の集団は成獣ではなく幼獣である可能性が高い。これらのことから、コロニーが明瞭に二段階の幼獣の集団から構成されていたことは出産のピークが 2 回あったことを示唆している。

2 回の子産ピークについてその様子を直接観察することは出来ていないが、その要因は二つ考えられる。

一つは当水路に移動してくる雌集団の違いである。今水路トンネルで冬眠した個体が重味水路トンネルを出産・哺育期のねぐらとして利用しているのは確かであるが、両水路のコロニーサイズは大きく異なっていた。今水路トンネルで冬眠した雌がすべて重味水路トンネルに移動したとしても、その頭数は 14.3~29.0%にすぎず、残りは違う場所から集まってきたことになる。妊娠雌が出産・哺育場所を求めて移動するのは鹿児島県くまそ穴では 5 月下旬から、山口県秋吉台では 6 月中旬からである（船越・入江 1982）。また、中岳洞では 5 月頃から入洞が始まる（Funakoshi 1986）。このように出産・哺育場所への移動の時期は地域によって異なるため、本研究の重味水路トンネルにおいても今水路トンネルとそれ以外の場所からの移動時期に差があるかもしれない。また形成されたコロニーは多くの年で 3~4 ヲ所であった。幼獣を中心としたコロニーも 1 ヲ所含まれてはいるが、それでも成獣を中心とするコロニーが複数あるのは移動してきた時期が違う集団があることを反映しているのかもしれない。そして、それが出産時期の差につながった可能性がある。

もう一つは安全なねぐら場所での大規模コロニーの形成である。幼獣の成長を記録した Funakoshi (1986) によると、6 月 30 日の分娩直後は裸でピンク色、13 日後は背側に紫がかかった黒色の色素沈着を確認、27 日後は大多数の個体で短い黒い毛が生じ、離乳直前の 41 日後にはほとんどの幼獣が完全に毛で覆われている。重味水路ト

ンネルにおける 2017 年と 2020 年の観察では、幼獣コロニー周辺部の集団は Funakoshi (1986) の観察よりどちらも 2 週間ほどの遅れで成長していることから、生まれたのは 7 月上旬~中旬と考えられる。一方、幼獣コロニー中央部の集団はすでに毛で覆われており、周辺部よりかなり成長した状態であった。高温が維持された環境において幼獣は急激に成長すること（船越 2020）を考慮しても、周辺集団よりも早い 6 月末以前で出生した可能性が高い。より早い出生によりコロニー中心部の高温域に位置するのが容易になり、死亡率が非常に高い幼獣の時期（船越・入江 1982）を生き延びやすくなる。懸念されるのは 6 月の温度であるが、二段階の成長が見られた 2022 年の水路内の平均気温は 6 月で 19.4 (範囲 17.0~22.5)℃、7 月で 16.7 (13.5~19.5)℃と 6 月の方が高く、出産に使われる可能性のある温度であった。

出産・哺育期に大規模コロニーが形成される島根県のコウモリ穴でも、幼獣の成長段階に差が見られており、7 月中旬に合計で約 20,000~25,000 頭の成獣・亜成獣・幼獣・出産直後の赤子の幼獣が確認されている（沢田 1996）。幼獣の成長段階は不明であるが、出産直後の赤子の状態とは明らかに区別されている。コウモリ穴は断崖絶壁の海蝕洞で、特に大規模コロニーのある洞奥への入洞は極めて危険で（沢田 1996）、人や捕食者の侵入が困難である点で重味水路トンネルと共通している。このことが大規模な出産・哺育コロニーの形成に寄与し、結果として二段階の分娩を促していると推測される。

#### 4. コウモリと世界かんがい施設遺産

洞穴性コウモリ類はねぐらとして自然洞窟のほか人工洞穴もよく利用する（三笠ほか 2005, 繁田ほか 2005, 徐ほか 2009, 谷岡 2021, 安井ほか 2012）。しかし、ユビナガコウモリの 20,000 頭以上の大規模な出産・哺育コロニーが確認されているのは海蝕洞の自然洞窟だけで（前田 2009, 箕輪 1994, 箕輪 1999, 沢田 1996, 澤田 2003, 徐ほか 2005）、人工の洞穴、特に水路トンネルではほとんど知られていない。約 200 年前に素掘りで作られた重味水路トンネルでは約 40,000 頭の巨大な出産・哺育コロニーが形成されているが、このような例は国内では初めてと思われる。

現在、日本国内において古い素掘りの農業用水路はほかにも多くあると思われる（三笠ほか 2005）。本研究では偶然にも水路内を調査する機会が得られたために出産・哺育期や冬眠期の大規模コロニーを発見することができたが、人の目に触れることなく長期間に渡って水路トンネルで生息している可能性がある。洞穴性コウモリ

の生活史は洞穴という安定した環境によって維持されており、環境が改変されると深刻な影響を受ける(佐野2021)。

国内において世界かんがい施設遺産として登録されているのは51カ所あり、そのなかには素掘りの水路トンネルを含む施設がある(<https://www.maff.go.jp/j/nousin/kaigai/ICID/his/abstract.html>, 2024年1月20日確認)。これらの遺産は築造当時の状態が基本的に維持され、長期間人の手によって管理されてきたことでその機能も保持されている。そのため、遺産に含まれる水路トンネルは先述のねぐら条件を充たしている可能性が高く、洞穴性コウモリにとって貴重な場所と言える。

一方、世界かんがい施設遺産に登録されることで観光化への懸念が生じる。かつて九州には大瀬のたて穴というユビナガコウモリの巨大な冬眠コロニーが形成される洞穴があったが、観光開発によって好適なねぐらは失われた(船越・入江1982)。一方、ユネスコ世界遺産に登録された石見銀山遺跡の大久保間歩では、12月～2月は閉鎖されて一般公開されない配慮がなされた結果、登録後も冬眠コロニーに対する明らかな悪影響は見られなかった(大畑ほか2011)。

菊池市の重味水路トンネルを含む古川兵戸井手や宝永隧道(今水路トンネル)は現段階ではいずれも観光化されていない。一方、原井手はグリーンツーリズム体験としてカヤックによる井手下りが実施されている(2023年末段階で中断中 <https://suigen.org/ideventure/>, 2024年1月21日確認)。今後、菊池地域のユビナガコウモリ個体群に影響するような事業が検討された場合、保全に関する提言ができるように生息調査及び自治体や水利組合との情報共有を継続していく必要がある。

なお、重味水路トンネルの改修工事は2023年11月から翌年の3月まで予定されている。4月以降に再び水が流されて用水路として利用されるが、改修後は出産・哺育期を含めた各季の利用個体数の把握に加え、温湿度環境をモニタリングしていく予定である。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、鹿児島国際大学名誉教授の船越公威博士と東京大学大学院農学生命学研究科講師の福井大博士、九州歯科大学名誉教授の荒井秋晴博士には貴重なご助言をいただいた。また、熊本県北広域本部農林水産部農地整備課、菊池市役所経済部農林整備課、古川兵戸井手管理委員会、宝永隧道管理委員会、有明測量開発社には調査の際に便宜を図っていただいた。熊本

野生生物研究会の会員諸氏には調査に度々ご協力をいただいた。さらに査読者2名の方には有意義な助言を多数いただいた。ここに深く感謝申し上げる。

## 引用文献

- Funakoshi, K. 1986. Maternal care and postnatal development in the Japanese long-fingered bat, *Miniopterus schreibersi fuliginosus*. *Journal of the Mammalogical Society of Japan* 11: 15-26.
- 船越公威. 1994. 洞窟をねぐらにするコウモリたち. *コウモリ通信* 2 (1): 5-7.
- 船越公威. 2000. コウモリ. 冬眠する哺乳類, pp.103-142. 東京大学出版会, 東京.
- 船越公威. 2020. コウモリ学 適応と進化. 東京大学出版会. 東京. 299pp.
- 船越公威. 2023. ユビナガコウモリ. 識別図鑑日本のコウモリ, pp.70-73. 文一総合出版, 東京.
- 船越公威・入江照雄. 1982. 九州におけるユビナガコウモリの個体群動態-特に大瀬洞を中心として-. *土龍* 10: 23-34.
- 船越公威・内田照章. 1975. 温帯に生息する食虫性コウモリの生理・生態的適応に関する研究 I ユビナガコウモリの採食活動について. *日本生態学会誌* 25 (4): 217-234.
- Funakoshi, K. and T. Uchida. 1978. Studies on the physiological and ecological adaptation of temperate insectivorous bats. II. Hibernation and winter activity in some cave-dwelling bat. *Japanese Journal of Ecology* 28:237-261.
- 船越公威・福井大・河合久仁子・吉行瑞子. 2007. コウモリのふしぎー逆さまなのにもワケがあるー. 技術評論社. 東京. 239pp.
- 井上龍一・前田喜四雄・徐華・津村真由美・鈴木和男. 2004. 奈良県吉野郡下北山村に見られるユビナガコウモリ (*Miniopterus fuliginosus*) 冬眠群の移動 (1) 出産・子育て場所. 奈良教育大学附属自然環境教育センター紀要 6: 1-5.
- 入江照雄. 1997. 暗闇に生きる動物たち. 熊本生物研究所. 熊本. 324pp.
- 川田伸一郎・岩佐真宏・福井大・新宅勇太・天野雅男・下稲葉さやか・樽創・姉崎智子・鈴木聡・押田龍夫・横畑泰志. 2021. 世界哺乳類標準和名リスト 2021 年度版. (<https://www.mammalogy.jp/list/index.html>) 環境省. 2012. アライグマの生態. 行政担当者のための

- アライグマ防除体制構築の手引き：5-7.
- 菊池市. 2019. 菊池のかんがい用水群が世界かんがい施設遺産に登録. 広報きくち 11：11.
- コウモリの会 (編). 2011. コウモリ識別ハンドブック改訂版. 文一総合出版, 東京, 88p.
- 庫本 正. 1994. 洞穴棲コウモリはどのような洞窟を好むか. コウモリ通信 1 (2)：2-4.
- 庫本 正・中村 久・内田照章・下泉重吉. 1975. 秋吉台におけるバンディング法によるコウモリ類の動態調査Ⅲ (1972年4月から1975年3月までの調査結果). 秋吉台科博報 11：29-47.
- 庫本 正・内田照章. 1991. ユビナガコウモリの生命表. 秋吉台科学博物館報告 26：53-64.
- 前田史和・船越公威. 2022. 熊本県天草市におけるハシボソガラス *Corvus corone* によるヒナコウモリ *Vespertilio sinensis* の捕食事例. 哺乳類科学 62 (2)：257-263.
- 前田喜四雄・徐 華・鈴木和男. 2009. ユビナガコウモリ *Miniopterus fuliginosus* (Hodgson, 1835) が利用する紀伊半島南部の3洞窟における気温. 奈良教育大学附属自然環境教育センター紀要 9：25-32.
- 三笠暁子・繁田真由美・浅田正彦・水野昌彦・長岡浩子・相澤敬吾. 2005. 千葉県における洞穴性コウモリ類の生息状況. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告 8 (2)：17-32.
- 箕輪一博. 1994. 柏崎市の洞穴棲コウモリ. コウモリ通信 1 (2)：12-15.
- 箕輪一博. 1999. 福浦狸々洞のコウモリ類の近況. コウモリ通信 7 (1)：16-17.
- 森井隆三・塩入知子. 1996. 香川県坂出市のフクロウ *Strix uralensis hondoensis* のペリットの内容物について. 香川生物 23：15-20.
- 大畑純二・井上雅仁・三島秀夫. 2011. 石見銀山遺跡大久保間歩のコウモリ (2). 島根県立三瓶自然館研究報告 9：77-87.
- 坂田拓司. 2010. 熊本県におけるコウモリ類に関する生息調査報告 (I). 熊本野生生物研究会誌 6：43-49.
- 坂田拓司. 2019. 熊本県におけるコウモリ類に関する生息調査報告 (II). 熊本野生生物研究会誌 9：49-55.
- 坂田拓司・坂本真理子・前田史和・天野守哉. 2022. 熊本県におけるコウモリ類に関する生息調査報告 (III). 熊本野生生物研究会誌 11：25-39.
- 佐野 明. 2008. 温帯産洞穴性コウモリの生活史. 日本の哺乳類学①小型哺乳類, pp.173-199. 東京大学出版会, 東京.
- 佐野 明. 2016. 三重県におけるコウモリ類の分布記録. 三重県総合博物館研究紀要 2：9-29.
- 佐野 明. 2021. 三重県におけるコウモリ生息洞穴の現状. 三重県総合博物館研究紀要 7：5-16.
- 佐野 明. 2023. コウモリの保護. 識別図鑑日本のコウモリ, pp.188-191. 文一総合出版, 東京.
- 沢田 勇. 1996. 島根県のコウモリ穴にみられるユビナガコウモリの分娩コロニー. 遺伝 50 (7)：103-106.
- 澤田 勇. 2003. 日本の洞窟棲コウモリの主要な繁殖場所及び冬眠場所について. 長崎県生物学会誌 56：16-24.
- 繁田真由美・繁田祐輔・三笠暁子・水野昌彦・浅田昌彦. 2005. 千葉県の大規模ねぐらにおけるユビナガコウモリ (*Miniopterus fuliginosus*) の個体数変動. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告 8 (2)：33-40.
- 徐 華・前田喜四雄・井上龍一・鈴木和男・佐野 明・津村真由美・橋本 肇・寺西敏夫・奥村一枝・阿部勇治. 2005. 和歌山県白浜町で出生したユビナガコウモリ *Miniopterus fuliginosus* の移動 (1) 2003, 2004年. 奈良教育大学附属自然環境教育センター紀要 7：31-37.
- 高野伸二. 2007. フィールドガイド日本の野鳥 増補改訂版. 日本野鳥の会, 東京, 374p.
- 谷岡 仁. 2021. 高知県四万十市と四万十町のコウモリ類越冬4トンネルの気温・湿度の比較. 四国自然史科学研究 14：48-53.
- 安井さち子・野原良太・上條隆志・繁田真由美・繁田祐輔・三笠暁子・浅田正彦・中村光一郎. 2012. ユビナガコウモリ *Miniopterus fuliginosus* の大規模ねぐらのある人工洞穴へのバットゲート設置とその後の経過. 保全生態学研究 17 (1)：73-80.

受付日：2024年3月29日

受理日：2024年5月6日

連絡先：坂本真理子 くまもと里と山研究所

〒861-2404 熊本県阿蘇郡西原村河原 3499-2

✉naevius\_m@yahoo.co.jp