レポート REPORT

宮城県仙台市におけるハヤブサの人工巣利用事例： センサーカメラによる有効性の検証

海原 要^{1)*}・野口 泰司¹⁾・清水 信一²⁾・由井 正敏³⁾

1) 東北緑化環境保全株式会社 〒980-0014 宮城県仙台市青葉区本町 2-5-1

2) 東北電力株式会社 〒980-8550 宮城県仙台市青葉区本町 1-7-1

3) 東北鳥類研究所 〒020-0611 岩手県滝沢市菓子 152-137

Kaname KAIHARA^{1)*}, Yasushi NOGUCHI¹⁾, Shinichi SHIMIZU²⁾, Masatoshi YUI³⁾: Falcon, *Falco peregrinus* artificial nest use case in Sendai City, Miyagi Prefecture: Verification of effectiveness with sensor camera. *Ecol. Civil Eng.*

1) Tohoku Greening & Environmental Consulting Co., Ltd., 2-5-1, Honcho, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-0014, Japan

2) Tohoku Electric Power Co., Inc., 1-7-1 Honcho, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8550, Japan

3) Tohoku Ornithological Research Institute, 152-137, Sugo, Takizawa, Iwate, 020-0611, Japan

はじめに

ハヤブサ (*Falco peregrinus* 英名 Falcon) はハヤブサ科の小型猛禽類で、日本では北海道から九州まで広く分布しており、宮城県では留鳥として繁殖している。ハヤブサは自分では巣を造らず、人が容易に近寄れない断崖の垂直の壁の途中にある岩棚や岩穴を巣として使用することが多い。人工物に巣を構えることも多く、高層ビル、鉄塔、橋脚等、条件さえ合えば様々な場所で営巣する(森岡ほか 1998)。

ハヤブサは希少な猛禽類として種の保存法で国内希少野生動植物種 (1993 年指定)、環境省レッドリスト等で絶滅危惧Ⅱ類 (環境省 2006, 2014, 2020) に指定されているほか、全都道府県で各種指定されており、宮城県でもレッドリスト等 (宮城県 2001, 2016, 2021) で準絶滅危惧に指定されている。

今回報告する宮城県仙台市の新仙台火力発電所のリブレース事業 (2007~2019 年) に際して実施した環境影

響評価法に基づく環境調査では、撤去予定の旧煙突でハヤブサの営巣が確認されたため、ハヤブサに対する環境保全措置として新たに建設する煙突に人工巣 (金属製巣箱) を設置するものとした。

猛禽類に対する人工代替巣を用いた保全事例については、長谷川ほか (2016) に猛禽類 8 種の 31 事業 173 事例がまとめられているが、分析対象を道路事業に限定していたため、主に崖地を繁殖地とするハヤブサについては 2 事業 7 事例、うち繁殖成功は 1 事業 1 事例と少なかった。成功した事業は兵庫県姫路市の一般国道 29 号姫路北バイパス事業 (上野ほか 2016) で、崖地の一部を代替巣として利用できるように整備した結果、繁殖成功が確認されている。残り 1 つは新潟県岩船郡関川村の一般国道 113 号鷹ノ巣道路事業 (蓑輪ほか 2017) で、こちらは人工巣 (金属製巣箱) を鉄塔に設置したものの、ハヤブサの利用は確認されていない。その他の人工巣 (金属製巣箱) の設置例として、山口県山陽小野田市の中国電力新小野田発電所 (中国電力ホームページ・新小野田発電所の概要 <https://www.energia.co.jp/area/yamaguchi/entry/324.html>, 2021 年 4 月 1 日確認)、北海道広尾町の一般国道 336 号黄金道路事業 (西山ほか 2013) があり、そのうち中国電力新小野田発電所では地上 50 m の

2021 年 5 月 23 日受付, 2021 年 8 月 12 日受理
早期公開 (J-STAGE)

J-STAGE Advance published

doi: <https://doi.org/10.3825/ece.21-00013>

*e-mail: kaihara-k@tohoku-aep.co.jp

煙突に設置された人工巣で繁殖成功が確認されている。

ハヤブサを含めた猛禽類は繁殖期に警戒度が極大となり、その時期に長期間連続的に人が直接観察することは繁殖を攪乱するおそれがあるため、繁殖巣付近にカメラを設置して映像監視する調査方法が実施されている。ハヤブサにおけるカメラを使用した観察事例として、佐賀県唐津市の一般国道 203 号 厳木バイパス（上野ほか 2016；佐賀国道事務所ホームページ・厳木バイパスハヤブサコーナー <http://www.qsr.mlit.go.jp/sakoku/activity/hayabusa/index.html>, 2021 年 4 月 1 日確認）、大阪府泉大津市のホテルサンルート関空（泉大津ハヤブサ・サポート倶楽部ホームページ <http://www.ne.jp/asahi/hayabusa/izumiotsu/>, 2021 年 4 月 1 日確認）がある。厳木バイパスは、ハヤブサ営巣地より約 300 m 離れた場所に観測小屋を建て、高倍率ビデオカメラと広角ビデオカメラを用いて観察している。ホテルサンルート関空では、ベランダでハヤブサが営巣したことから、営巣場所を見下ろせる位置にビデオカメラを設置して観察している。これらは映像を 24 時間ハードディスクに録画することで詳細な生態観察を可能としているものの、撮影システムの構築に費用がかかってしまう。比較的安価な撮影方法としては、市販のセンサーカメラ（自動撮影カメラ）を用いた方法があり、国内では北海道でオオタカ *Accipiter gentilis*、ハイタカ *Accipiter nisus*、オジロワシ *Haliaeetus albicilla*、クマタカ *Nisaetus nipalensis*、ノスリ *Buteo buteo* 及びトビ *Milvus migrans* の営巣地で実施した事例（嘉藤ほか 2021）があるが、ハヤブサで実施した事例は報告されていない。

本報告では、建設事業の環境保全措置としてハヤブサ

の人工巣を設置し、実際に利用が見られたため、その詳細を報告する。合わせて、人工巣の利用を促す工夫や留意点、並びに利用状況をセンサーカメラでモニタリングした観察結果について報告する。

材料と方法

1) 調査地

ハヤブサ営巣地は宮城県仙台市の東北電力株式会社新仙台火力発電所に位置している。営巣地の東側及び南側は仙台塩釜港に面しており、西側及び北側は工業地帯となっている。

2) 人工巣

人工巣の構造は、成功事例のある中国電力新小野田発電所の人工巣を参考にした。材質は厚さ 1 mm のステンレス製。巣本体は横幅 80 cm × 奥行 55 cm × 高さ 50 cm（前方は 40 cm）、屋根は横幅 80 cm × 奥行 66 cm、入口が横幅 45 cm × 縦幅 35 cm で、両側面と後面には換気穴（直径約 1.5 cm）を付けた。また、巣内部の床には小石とモルタルを混ぜたものを厚さ 5 cm 程度敷いた。止まり場は入口から 30 cm の距離に直径約 3 cm のパイプを設置した（図 1）。

人工巣は 2015 年 10 月に、旧煙突で繁殖した営巣場所の高さ（76 m）を参考にして、新たに建設した 2 基の煙突（3-1 号及び 3-2 号煙突）の 4 段目（76 m）にそれぞれ 1 個ずつ（合計 2 個）設置した。3-1 号及び 3-2 号煙突には東側に点検作業時等に使用する階段が設置されており、3-1 号煙突では階段付近の北東側の柱の陰に、3-2 号煙突では階段から離れた北西側の柱の陰にそれぞれ

図 1. 人工巣の構造。

れ設置した(図2)。入口の向きは3-1号煙突が南西向き、3-2号煙突が南東向きである。

3) センサーカメラ

センサーカメラはこれまで3機種を使用している(表1)。Ltl Acorn 5210Bは赤外線検知式で、単三形乾電池8

図2. 人工巣設置位置。

本を電源とし、1度の検知で静止画を3枚撮影、インターバル1分後に待機状態に戻る設定とした。

HykeCam SP4G及びLT4Gには、撮影した静止画を電子メールでインターネットサーバー上にアップロードする通信機能が付加されているが、その分消費電力が多くなるため、煙突から供給される直流6Vを外部電源として、静止画及び動画を撮影した。1度の検知で静止画1枚及び動画30秒撮影、インターバル1分後に待機状態に戻る設定とした。

センサーカメラは、各煙突東側の階段手すりに設置した(図3)。センサーカメラから人工巣までの距離は、3-1号煙突では約1.5m、3-2号煙突では約6mであった。記録媒体はSDカード(16~32GB)を使用した。容量に限界があるため1~2か月ごとに交換した。

結果と考察

1) リプレース工事期間とハヤブサ繁殖状況

ハヤブサの繁殖は2007年に旧煙突で初確認された(表2)。2012年から発電所のリプレース工事が開始されたが、2012~2013年は変わらず旧煙突で繁殖した。旧煙突では、繁殖成功は2007年と2012年の2回のみであった。なお、2011年は繁殖開始時期に東日本大震災が

表1. 使用したセンサーカメラの機種。

機種名	Ltl Acorn 5210B	HykeCam SP4G	HykeCam LT4G
設置期間	2016.4~	—	—
	2016.4~2018.1	2018.1~2020.3	2020.3~
検知方法	赤外線検知	動態検知	動態検知
画角	広角	広角	広角
撮影内容	静止画	静止画+動画(30秒)	静止画+動画(30秒)
電源	単三形乾電池8本	煙突から直流6Vを供給	煙突から直流6Vを供給
(予備電源)	(なし)	(単三形乾電池12本)	(単三形乾電池12本)
記録媒体	SDカード16GB	SDカード32GB	SDカード32GB
通信機能	なし	あり	あり

図3. センサーカメラ設置位置。A：3-2号煙突，B：3-1号煙突。

表 2. リブレース工事期間とハヤブサ繁殖状況.

年	リブレース工事期間		各営巣地のハヤブサ繁殖状況			
	旧施設 撤去工事	新施設 設置工事	旧煙突	岩場*	人工巣	
					3-1 号煙突	3-2 号煙突
2007			●			
2008			▲			
2009			▲			
2010			▲			
2011			×			
2012		○	●			
2013	○	○	▲			
2014	○	○	—	●		
2015	○	○	—	●	10 月設置	10 月設置
2016	○	○	—	●	—	—
2017	○	○	9 月撤去開始	—	—	●
2018	○		3 月撤去終了	—	—	▲
2019	○			—	—	—
2020				—	—	●
2021				—	—	●

●：繁殖成功，▲：繁殖途中失敗，×：繁殖失敗，—：繁殖を実施せず，○：工事を実施

*発電所から東方向に約 1.5 km 離れた場所に位置する岩場。2007～2013 年は未確認。

発生した影響で繁殖失敗となった。

2014 年になると発電所から東へ約 1.5 km 離れた岩場に営巣地を移動したが、繁殖終了後は発電所を中心に行動していたほか、狩り行動は年間を通じて発電所周辺で確認されていたことから、工事が本格化した影響で営巣地のみを移動させたと考えられる。この岩場では 2016 年まで 3 回連続で繁殖成功している。

人工巣は 2015 年 10 月に設置されたが、2016 年 8 月までハヤブサが撮影されなかったことから、2016 年の繁殖期にはまだ人工巣がハヤブサに認識されていなかったと考えられる。2016 年 8 月以降は人工巣を利用するようになり、2017 年は旧煙突、岩場、人工巣と全ての営巣可能な場所が揃っていたが、その中で 3-2 号煙突人工巣が選択され、2 羽が巣立った。

2018 年も同様に 3-2 号煙突人工巣で繁殖開始したものの、5 月 9 日を最後に親成鳥が確認されなくなり、残された雛は衰弱して死亡した。その後は 2019 年 5 月まで発電所周辺をなわばりとするハヤブサが不在状態となったが、2019 年 6 月から新たな成鳥ペアが確認されるようになり、2020 年は 3-2 号煙突人工巣から 3 羽が、2021 年は 3-2 号煙突人工巣から 2 羽が巣立った。

2) 2 つの人工巣の比較

ハヤブサは 3-1 号煙突でも撮影されており、人工巣に

入る行動も確認されているが、これまでの人工巣での繁殖は全て 3-2 号煙突人工巣で実施されている。この 2 つの人工巣は構造及び設置高さは同様であるが、設置位置が異なっている。3-1 号煙突では煙突東側の階段からすぐ近くに設置されているのに対して、3-2 号煙突では階段から約 6 m 離れた反対側の柱に設置されている（図 3）。そのため、ハヤブサが繁殖場所を選択する際に、人の立ち入り可能な場所からの距離がより遠い 3-2 号煙突人工巣を選択している可能性が考えられる。

3) センサーカメラによって得られた情報

今回ハヤブサが繁殖した 3-2 号煙突人工巣では、3 月 10 日頃に産卵、4 月中旬に孵化した雛、5 月下旬に幼鳥の巣立ちが確認された（表 3）。センサーカメラによって得られた情報として、人工巣への渡来日（時刻）、交尾、成鳥による巣内育雛行動（抱卵、抱雛、給餌）、餌の搬入（回数、時間）、卵数、雛数、巣立ち日等が挙げられる（図 4）。一方、人工巣から約 6 m 離れた場所からの広角撮影で人工巣内部に撮影死角が存在したため、卵が確認できない場合もあったほか、運ばれた餌の判別、産卵の開始日や間隔、孵化日等の把握は困難であった。これらを把握するためには、人工巣そのものにカメラを設置する等の人工巣内部を詳細に撮影可能な方法が必要と考えられるが、繁殖成功の確認を目的とする場合には、

表 3. 人工巣でのハヤブサ繁殖状況：センサーカメラによる確認日及び確認数.

項目		2017 年	2018 年	2020 年	2021 年
確認日	抱卵姿勢	3 月 9 日	3 月 6 日	3 月 12 日	3 月 12 日
	卵	確認できず*	3 月 11 日	3 月 11 日	3 月 11 日
	雛	4 月 20 日	4 月 22 日	4 月 21 日	4 月 15 日
	巣立ち	5 月 24 日	—	5 月 27～31 日	5 月 27～28 日
確認数	産卵数	不明*	2	3	3
	孵化数	2	1	3	2
	巣立った幼鳥数	2	—	3	2

*センサーカメラからは死角となっていたため、確認できなかった.

図 4. センサーカメラで撮影されたハヤブサ. A: 交尾 (2017 年 3 月 5 日撮影), B: 抱卵中の成鳥 (2020 年 3 月 12 日撮影), C: 雛 3 羽 (2020 年 5 月 16 日撮影), D: 巣立ち間近の幼鳥 (2020 年 5 月 26 日撮影).

センサーカメラで十分把握可能であると考えられる.

ハヤブサ以外の鳥類として、ハシブトガラス *Corvus macrorhynchos*、イソヒヨドリ *Monticola solitarius* 及びドバト *Columba livia* が撮影された. そのうち、ハシブトガラスは 2018 年の繁殖失敗時に雛を襲いに来ている姿が撮影された. 2019 年にも 4 月に人工巣内部へ入る姿が撮影されており、人工巣を餌がある場所と認識している可能性が考えられる. なお、2020 年及び 2021 年の繁殖時には撮影されておらず、親成鳥による警戒のため近寄れなかったと考えられる.

カメラのセンサーは、ハヤブサ以外にも反応した事例が認められた. Ltl Acorn 5210B は赤外線検知式のため、発電所から発生する水蒸気の煙に反応して作動した事例があった. HykeCam SP4G 及び LT4G は動態検知のため、強風によってカメラ本体が揺らされて作動した事例、濃

い煙を検知して作動した事例があった. 一方で、ハヤブサの行動が速すぎて検知から撮影までのタイムラグに撮影範囲外へ移動してしまい、写らなかったと考えられる事例もあった.

HykeCam SP4G 及び LT4G の通信機能は、携帯電話回線を利用して送信するため、携帯電波圏外では使用できないという欠点はあるものの、繁殖状況をほぼリアルタイムで確認可能となるため、非常に有用な機能であった. なお、地震の影響で外部電源が外れてしまい、予備電源の乾電池のみとなった際、乾電池の残量が半分程度の段階では検知及び撮影は継続されていたものの通信が困難となったため、安定して通信するためには外部電源を用いることが望ましいと考えられる.

4) 餌運び

2020 年 2～5 月に 3-2 号煙突人工巣では 1 日あたり 0

図5. 日別餌運び回数の推移 (2020年2月1日～5月31日)。

図6. 時刻別餌運び回数の推移 (2020年2月1日～5月31日)。

～5回、期間合計115回の餌運びが確認された(図5)。2月の餌運びは、雄成鳥から雌成鳥に対する求愛給餌と考えられる。3月上旬は産卵時期にあたるため、栄養を欲した雌成鳥に対して何度も餌を運んだ可能性が考えられる。3月12日以降の抱卵期間は回数が最も少なかったが、抱卵交代しながら雌雄各自で餌を確保していた可能性が考えられる。雛が孵化した4月20日以降は急激に成長する雛3羽分の餌を賄うために回数が増加したと考えられる。

時刻別では午前4時台が最も多く、次いで5時台と夜明け前～直後にあたる早朝に餌運びされる傾向がみられた(図6)。この時間帯は、餌動物である小鳥類の移動が活発になり見つけやすい、外敵に対する警戒がおろそかになる等の何らかの理由があるものと考えられる。

餌運びでは、雄成鳥が人工巣へ運んできた餌を雌成鳥が奪おうとするも、雄成鳥がそれを嫌がって餌を持って飛び去り、雌成鳥が追っていくという行動も確認された。

センサーカメラは広角撮影のため餌動物の種判別は困難であったが、3-1号及び3-2号煙突にはハヤブサが狩ったと思われる鳥の死骸が残されている場合があり、これまでにウズラ *Coturnix japonica* (11月発見)、コガモ *Anas crecca* (2月)、ドバト (2月・3月・11月)、クイナ *Rallus aquaticus* (11月)、カモメ類の雛 (6月)、チョウゲンボウ *Falco tinnunculus* (11月)、モズ *Lanius Bucephalus* (11月) 及びヒバリ *Alauda arvensis* (7月) の8種が確認されている。

5) 警戒行動

人工巣は現在稼働中の発電所煙突に設置されているため、繁殖期間中でも定期点検等で人工巣付近に人が立ち入る場合がある。その際、成鳥が煙突の周囲を鳴きながら飛翔するという警戒行動がみられたが、作業員が煙突を降りるに伴い、警戒行動を終了していた。人に対しての攻撃行動は確認されていない。

なお、2018年の繁殖失敗時について、成鳥が最後に

確認された5月9日から遡って1か月の間に人工巣付近への人の立ち入りが無いこと、2017年は同じ場所で繁殖成功していることから、人為的影響で繁殖放棄した可能性は低いと考えられる。

3-1号煙突ではセンサーカメラから人工巣までの距離が約1.5mとかなり近いが、ハヤブサがセンサーカメラを注視するような警戒行動はこれまで確認されていない。センサーカメラの目の前で羽づくろいを30分以上続けた事もあり、基本的にセンサーカメラを気にしていないと考えられる。他の猛禽類では巣付近に設置されたセンサーカメラに反応したり注視したりする事例が紹介されているが（嘉藤ほか 2021）、これらは自然環境にセンサーカメラという人工物を設置したため違和感が生まれた可能性が考えられる。しかし、本事例は元々人工建築物に設置しているため違和感が少ないこと、ハヤブサが人工巣を認識した際には既にセンサーカメラを設置済みであったことから、違和感無く受け入れられた可能性が考えられる。

6) 人工巣の効果とセンサーカメラによる調査

リプレース工事によりハヤブサは営巣地を一時的に発電所敷地外へ移したものの、人工巣設置後は発電所で再び繁殖したことにより、人工巣設置がハヤブサの保全措置として有効であったと考えられる。中国電力新小野田発電所では人工巣で繁殖成功した2001年以降、毎年2～3羽の幼鳥が巣立っている（中国電力 新小野田発電所の概要 <https://www.energia.co.jp/area/yamaguchi/entry/324.html>, 2021年4月1日確認）。ハヤブサは一度繁殖を実施すると同じ場所で継続して繁殖する機会が多いことから、今後も人工巣での繁殖継続が期待される。

センサーカメラによる調査は、電源や撮影容量、目的以外での作動等、いくつかの問題はあるものの、人工巣での繁殖成功の確認は十分把握可能であり、比較的少ない費用で簡易的に実施できる方法として有効であると考えられる。

謝 辞

中国電力新小野田発電所には、ハヤブサ人工巣の先行事例として、人工巣の構造や設置状況等について重要な情報を提供して頂いた。この場所をお借りして御礼申し上げる。

摘 要

新仙台火力発電所（宮城県仙台市）のリプレース工事における環境影響評価の結果を受けて、旧煙突に営巣する小型猛禽類ハヤブサへの環境保全措置として新煙突に人工巣を設置した。設置した人工巣の大きさは横幅80cm×奥行55cm×高さ50cm、設置位置は旧煙突の営巣時の高さを参考に76mとした。2015年10月に人工巣を設置したところ、2016年8月から利用が確認され、その後は2017年、2018年、2020年及び2021年と4回繁殖し、そのうち2017年、2020年及び2021年の3回成功した。このことは、人工巣設置がハヤブサの保全措置として有効であることを示していると考えられた。

人工巣の利用状況はセンサーカメラを用いて観察を実施した。センサーカメラによって得られた情報として、人工巣への渡来日（時刻）、交尾、成鳥による巣内育雛行動（抱卵、抱雛、給餌）、餌の搬入（回数、時間）、卵数、雛数、巣立ち日等が挙げられた。しかし、人工巣から約6m離れた場所からの広角撮影で人工巣内部に撮影死角が存在したため、卵が確認できない場合もあったほか、運ばれた餌の判別、産卵の開始日や間隔、孵化日等の把握は困難であった。

センサーカメラによる調査は、電源や撮影容量、目的以外での作動等、いくつかの問題はあるものの、ハヤブサ人工巣での繁殖成功の確認は十分把握可能であり、比較的少ない費用で簡易的に実施できる方法として有効であると考えられる。

引用文献

- 長谷川啓一・上野裕介・大城温・井上隆司（2016）道路事業における希少猛禽類に対する効果的な人工代替巣の設置手法と利用促進手法の検討：全国173事例の分析から。応用生態工学 19(1): 67-78.
- 環境省（2006）レッドリスト2006 鳥類。ぎょうせい、東京。
- 環境省（2014）日本の絶滅のおそれのある野生生物2014 — レッドデータブック—2 鳥類。ぎょうせい、東京。
- 環境省（2020）レッドリスト2020 鳥類。ぎょうせい、東京。
- 嘉藤慎譲・平井克玄・柳川久（2021）センサーカメラを用いた猛禽類の調査—繁殖モニタリングおよび巣内の状況—。第20回「野生生物と交通」研究発表会 論文集。53-60。
- 袁輪保男・岩見淳一郎・大桃直人（2017）鷹ノ巣道路事業における環境保全対策について。平成29年度 北陸地方整備局 事業研究発表会 講演要旨。（<https://www.hrr.mlit.go.jp/library/happyoukai/h29/c/C-04.pdf>, 2021年4月1日確認）
- 宮城県（2001）宮城県の希少な野生動植物種—宮城県レッドデータブック—。宮城県、宮城県。
- 宮城県（2016）宮城県の希少な野生動植物種—宮城県レッドデータブック—。宮城県、宮城県。

宮城県（2021）宮城県レッドリスト 2021 鳥類. 宮城県, 宮城県.

森岡照明・叶内拓哉・川田隆・山形則男（1998）図鑑日本のワシタカ類. 文一総合出版, 東京.

西山公夫・岩槻克生・工藤晃央（2013）道路防災事業と希少猛禽類の共存を目指して——一般国道 336 号黄金道路におけるハヤブサの保全について—. 第 57 回（平成 25 年度）北海道開発技術研究発表会 講演要旨. (<https://thesis.ceri.go.jp/db/files/5263989565460286286c4a.pdf>, 2021 年 4 月 1 日確認)

上野裕介・栗原正夫・大城温・井上隆司・瀧本真理・光谷友樹・長谷川啓一（2016）道路環境影響評価の技術手法「13. 動物, 植物, 生態系」における環境保全のための取り組みに関する事例集（平成 27 年度版）. 国土技術政策総合研究所資料 No. 906. 国土技術政策総合研究所.