

# 河川内陸域におけるコアジサシの営巣・ 生息状況とその適地・必要面積の検討 —河川水辺の国勢調査を活用して—

LITTLE TERN NESTING SITES AND SUITABLE HABITAT EVALUATION IN  
THE INLAND RIVER AREA USING DATA SETS OF THE NATIONAL CENSUS  
ON RIVER ENVIRONMENTS

田和康太<sup>1</sup>・森照貴<sup>2</sup>・中村圭吾<sup>3</sup>・萱場祐一<sup>4</sup>  
Kota TAWA, Terutaka MORI, Keigo NAKAMURA, and Yuichi KAYABA

- <sup>1</sup>非会員 博（環境科学）（国研）土木研究所 水環境研究グループ 河川生態チーム（〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6）  
<sup>2</sup>正会員 博（環境科学）（国研）土木研究所 水環境研究グループ 自然共生研究センター（〒501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地）  
<sup>3</sup>正会員 博（工）（国研）土木研究所 水環境研究グループ 河川生態チーム（〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6）  
<sup>4</sup>正会員 博（工）（国研）土木研究所 水環境研究グループ（同上）※現所属 名古屋工業大学大学院 工学研究科（〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町）

In this study, we investigated the colonization status of the Little Tern *Sterna albifrons sinensis* (hereinafter LT) in Class A rivers in the Kanto region and the environmental factors that contribute to its presence along the Kinugawa River. Between 1991 and 2013, colonies of LT were observed at 20 sites on 7 rivers in 5 water systems. The LT established colonies at 3 sites in estuaries, 14 sites in inland gravel beds, and 3 sites in developed lands. The size of each colony ranged from 0.2 to 15 hectares. However, most colonies were formed on gravel beds of less than 5 hectares. In the proximity of the Kinugawa River, gravel beds, open water, and wet grasslands were selected as important environments for the presence of the LT. We suggest considering the LT nesting habitats on several hectares when excavating the river channel for flood control. Furthermore, restoring the foraging habitat of the LT, such as the ecotone of wetland weeds, shallows, or flood plain water bodies, could potentially lead to the creation of suitable habitats for the LT.

**Key Words :** *Sterna albifrons sinensis*, gravel bed, habitat restoration, colony

## 1. はじめに

コアジサシ *Sterna albifrons sinensis* は、北極圏と南極大陸を除く全世界に繁殖地を持つドリ目カモメ科の鳥類である<sup>1)</sup>。コアジサシは繁殖期になると砂礫地に集団営巣地（コロニー）を形成する<sup>2)</sup>。夏鳥として日本へ繁殖のために飛来したコアジサシは、本州以南の海浜や大河川の砂礫地等をコロニーサイトとして利用する<sup>3)</sup>。しかしながら、コアジサシは海浜・河川改修、天敵の増加等に起因する営巣適地の消失により、近年そのコロニーの大半を造成地等の不安定な人工地に依存している現状が

ある<sup>3)</sup>。また、コアジサシの分布域そのものも、国内ではこの20年間で70%以上縮小しており<sup>4)</sup>、2020年度版環境省レッドリストでは、絶滅危惧II類（絶滅の危機が増大している種）に指定されるなど<sup>5)</sup>、国内におけるコアジサシ個体群は危機的状況にある。こうした中、河川内陸域における営巣適地や生息場所の重要性が指摘されているものの、その必要面積や配置等に関する実態には未解明な点が多く、実際の河川事業等によるコアジサシの生息環境の保全を困難なものとしている。

本研究では、河川水辺の国勢調査の鳥類調査結果を活用し、これまでに複数の地点でコロニーが記録されている関東地方の河川内陸域に注目することで<sup>6)</sup>、コアジサ

表-1 水国鳥類調査結果で記録された関東地方の一級水系におけるコアジサシのコロニーの一覧  
データから情報を得ることができなかった項目については横線で示した。

調査 巡目	調査 年度	水系	河川名	面積 [ha]	コロニー				親鳥 個体数	営巣数	巣立ちヒナ 個体数	同所的に 営巣した鳥類	
					タイプ	形成箇所	特徴	セグメント					土壌
1	1993	久慈川	久慈川	0.2	内陸	左岸砂州	床固下流	2-1	—	10	—		
1	1993		久慈川	1.7	内陸	左岸砂州	床固下流	2-2	—	15	—		
1	1993	那珂川	那珂川	5.4	内陸	左岸砂州		2-1	—	20	—		
1	1993		那珂川	1.8	内陸	左岸砂州	合流点	2-1	—	15	—		
3	2004		那珂川	2.4	内陸	中州		2-2	砂	40	—		
2	1997	利根川	利根川	3	内陸	中州	分流点	2-2	砂	—	10	—	
2	1997		利根川	12.4	河口	造成地	導流堤	3	砂	65	—	シロチドリ	
4	2007		利根川	2.9	内陸	中州	分流点	2-2	砂	12	4	—	
4	2007		利根川	3.9	内陸	左岸砂州		2-2	礫	160	73	—	
4	2007		利根川	0.3	内陸	左岸砂州		2-1	礫	50	10	—	
4	2007		利根川	12.4	河口	造成地	導流堤	3	砂	116	—	シロチドリ	
4	2007		利根川	3.5	内陸	造成地		3	—	—	29	67	コチドリ, セイタカシギ
2	2000		鬼怒川	10.4	内陸	中州		1	砂	40	—	5	
4	2007		鬼怒川	15	内陸	中州		1	—	49	—	6	
1	1995		烏川	4.1	内陸	中州	合流点	1	砂	21	—	—	
3	2004	多摩川	多摩川	5	内陸	中州	合流点	2-1	砂	54	—	—	
4	2013		多摩川	3.5	内陸	右岸砂州	堰下下流	2-1	—	57	16	—	
1	1994	富士川	富士川	—	河口	中州		1	砂	102	—	—	
2	2000		富士川	—	河口	中州		1	砂	178	—	—	
4	2012		富士川	—	河口	中州		1	砂	70	—	—	

シのコロニー形成箇所の特徴を検証した。また、複数のコロニーが存在する利根川水系鬼怒川を例に、河川内陸域におけるコアジサシの出現に寄与する環境条件を求め、生息適地として求められる面積の推定を試みた。最後に、得られた結果をもとに河川内陸域におけるコアジサシの保全方法について検討した。

## 2. 調査地と方法

### (1) 河川水辺の国勢調査鳥類調査結果の概要

河川水辺の国勢調査（以下、水国）では、国が管理する109の一級河川を中心に1991年から鳥類の分布調査が実施されており、2021年現在、5巡目調査が進められている。1～3巡目調査までは5年に一度の頻度で河川ごとに定点を設定したラインセンサス調査が、4巡目調査以降は10年に一度の頻度で基本的に左右岸1 kmピッチ（5巡目以降は一部2 kmピッチ）ごとのスポットセンサス調査が行われている。スポットセンサス調査では、各観察定点から、河川側（堤外地側）の半径200 m圏内に観察される鳥類の種ごとの個体数が計数される。

また、水国の鳥類調査では、併せて集団分布地調査も実施される。この調査では、繁殖、ねぐら、採餌等で利用される特定の環境を定め、同じ鳥類個体群が同じ場所を一定期間、ほぼ毎日集団で利用していると推測される場合に調査対象となる。集団繁殖地では約5巣以上が目安となる。調査範囲については、スポットセンサス調査と同様であり、各集団分布地の位置と利用している鳥類種の個体数や営巣数、利用環境等が記録される。

### (2) コアジサシのコロニー特性の把握

関東地方の8水系（久慈川、那珂川、利根川、荒川、多摩川、鶴見川、相模川、富士川）において1991年から2013年（1～4巡目）の間に実施された水国の鳥類集団分布地調査結果を活用し、コアジサシのコロニーの特徴を整理した（表-1）。なお、コロニーサイトの親鳥の個体数、営巣数およびヒナの個体数に関する情報はすべての地点で記録されていたわけではなかった。次に、各コロニー形成地点について、調査実施時期から最も直前に撮影された空中写真を活用し、GIS上で該地点の砂礫地または中州を判読し、その面積を計測した。なお、河口部に形成されたコロニーについては、水国からその正確な位置を特定できず、面積を計測できなかった。空中写真については、国土地理院の地図・空中写真閲覧サービス（<https://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do#1>）から該当箇所の空中写真をダウンロードした。面積計測にはQGIS ver. 3.12.3（<https://qgis.org/downloads/>）を使用した。

### (3) コアジサシの生息適地解析

コアジサシが多数生息し、繁殖も記録されている利根川水系鬼怒川に着目し<sup>7)</sup>、2007年5月および6月に実施された1 kmピッチの鳥類スポットセンサスデータからコアジサシの出現状況を調べた。鬼怒川では3～101 kpにかけて左右岸ごとを基本とするスポットセンサスが実施されており、総スポット数は196地点であった。これら196地点について、堤内外地を含めた植生および物理環境との関係性を明らかにするため、第6回・第7回自然環境保全基礎調査植生調査（環境省自然環境局生物多様性センター <http://gis.biodic.go.jp/webgis/sc-006.html>）で整備された1/25,000植生図のGISデータを利用した。植生および物

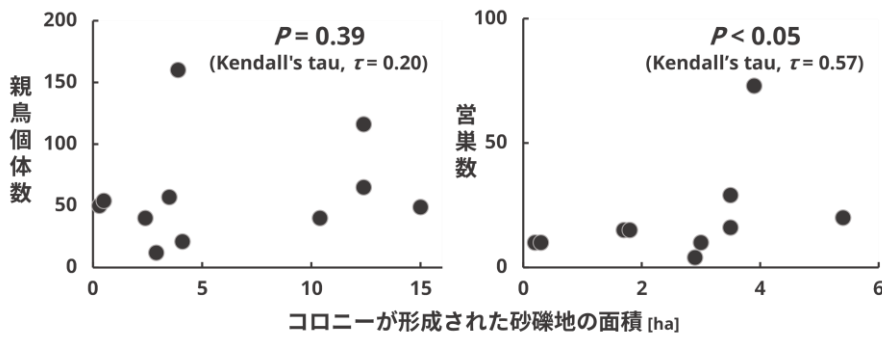


図-1 各コロニーの親鳥個体数および営巣数とコロニー形成箇所の砂礫地面積との関係

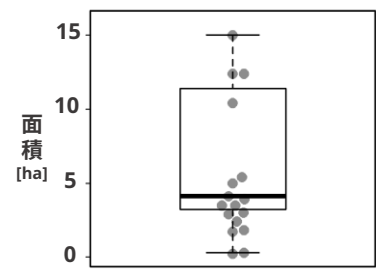


図-2 コロニー形成箇所の砂礫地面積の分布 ドットは各砂礫地を示す。

理環境については、森林、河畔林、湿生草地、乾生草地、人工草地、水田、畑地、開放水域、自然裸地、造成地、緑の多い住宅地、市街地、工場の合計14の環境要因に筆者らが分類した。なお、これらの環境要因について、各観察地点を中心に同心円バッファを発生させ、その中に含まれる植生と物理環境の面積を抽出した。コアジサシの繁殖期における行動圏については、コロニーの立地条件や周辺の餌場条件によっても変化するが、育雛期には概ねコロニーから1,000 mの範囲で採餌する<sup>8)</sup>。そのため、半径200 m (12.6 ha)、500 m (78.5 ha)、1,000 m (314 ha)、のバッファスケールを設定した。これらの環境要因ごとの面積算出には、QGIS Ver. 3.12.3を使用した。

コアジサシの出現に対する各環境要因の重要性を把握するため、ランダムフォレスト (以下、RF) <sup>9)</sup>により解析を行った。RFは高い分類精度や、重要な説明変数の探索に優れている点などから、鳥類の生息適地解析に利用されている<sup>10, 11)</sup>。調査地点ごとのコアジサシの在・不在を目的変数、14の環境要因の面積を説明変数に設定した。各CART型樹木の構成時に各分岐で評価される変数の数 ( $m$ ) については、すべての説明変数の数の平方根が推奨されている<sup>12)</sup>。今回、14の説明変数があるため、解析時には $m = 4$ とした。なお、各モデルにおけるOOB推定値の収束状況から、全モデルにおいてCART型樹木の本数を500に設定した。RFでは、一度の解析試行ごとに結果がわずかに変化するため、バッファスケールごとに一つのモデルにつき10回の解析を行い、1-OOB推定値の平均を算出した。また、ジニ不純度減少から各説明変数の変数重要度を評価した。ジニ不純度はCART型樹木において、ノードごとに目的変数をどの程度分類できていないかを示す指標であるが、この特性を利用し、ある説明変数で分割することで、どのくらいジニ不純度を低下させることができるのかを計算することにより、重要度を算出する。算出には、各バッファスケールで行った10回の解析のうち、最も正確度の高いモデルを利用した。これらの解析には、R ver. 3.6.1<sup>13)</sup>のrandomForestパッケージを使用した。それぞれの特徴量の変数重要度について、Boruta<sup>14)</sup>により、統計的有意性を検証した。有意水準を0.01、解析回数を100回に設定した。これらの解

析には、R ver. 3.6.1<sup>13)</sup>のBorutaパッケージを使用した。今回、統計的に有意かつ最も重要度の高い変数に対し、75%以上の相対変数重要度を示した環境要因を、コアジサシの出現に対して重要度の高い変数と定義した。

### 3. 結果

#### (1) 関東地方の一級水系におけるコロニーの特徴

1991年から2013年の間に、のべ5水系7河川20地点でコアジサシのコロニーが記録された (表-1)。荒川、鶴見川、相模川の調査範囲ではコロニーの記録がなかった。記録地点は河口で3地点、内陸域で14地点、造成地で3地点であった。各コロニーの形成箇所について、造成地の3地点を除くと、中州10地点、砂州7地点であり、内陸域における形成箇所は、河川の合流点や分流点にみられた。また、床固下流や堰堤下流といった人工物に起因して形成された中州や砂州にコロニーがみられた。過去 (1~3巡目のいずれか) と最近 (4巡目) にコロニーが記録されていたのは、利根川水系利根川および鬼怒川、多摩川水系多摩川、富士川水系富士川の3水系4河川であった。

各コロニーにおける親鳥の個体数と砂礫地面積との間には、有意な関係性がみられなかった (図-1)。その一方で、営巣数と砂礫地面積との間には有意な正の相関がみられた (図-1)。また、コロニーの形成されていた砂礫地面積は0.2~15 haと幅広かったものの、その中央値は約4.1 haであった (図-2)。利根川の造成地と鬼怒川の内陸域中州では、巣立ち後のヒナが観察されていた。

コアジサシのコロニーにおいて同所的に営巣していた鳥類は、セイタカシギ *Himantopus himantopus himantopus*、コチドリ *Charadrius dubius*、シロチドリ *C. alexandrinus dealbatus*の3種であった。

#### (2) 鬼怒川におけるコアジサシの生息適地

鬼怒川におけるコアジサシの出現に対し、200 m圏 (12.6 ha) では、開放水域と自然裸地の面積が有意かつ特に重要度の高い特徴量となった (Boruta,  $P < 0.01$ , 図-3)。これらはコアジサシの出現に対して正の傾向を示

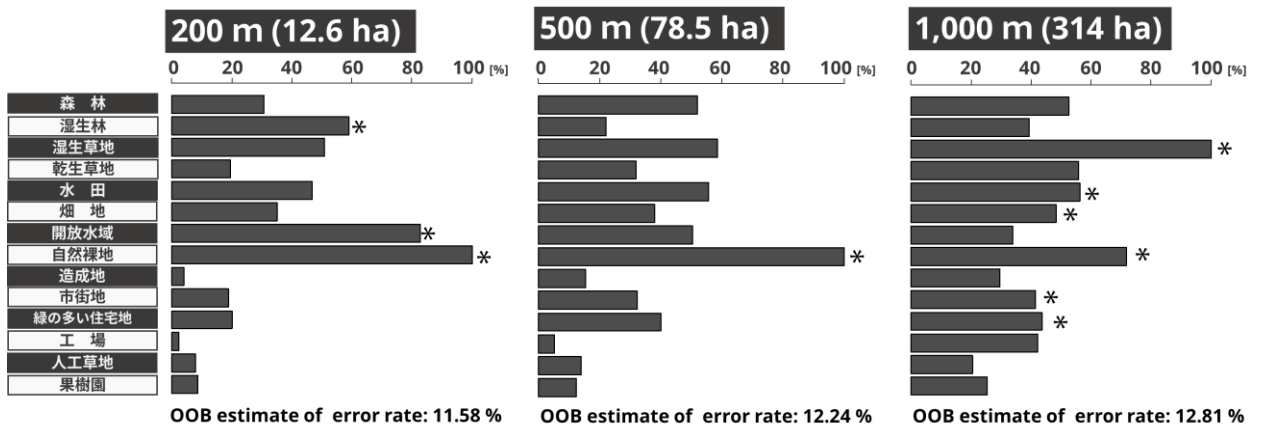


図-3 鬼怒川における5月から6月のコアジサシの出現に寄与する環境要因の相対重要度最も重要な環境要因を基準とした相対値で示した。有意であった環境要因をアスタリスクで示した (Boruta,  $P < 0.01$ )。

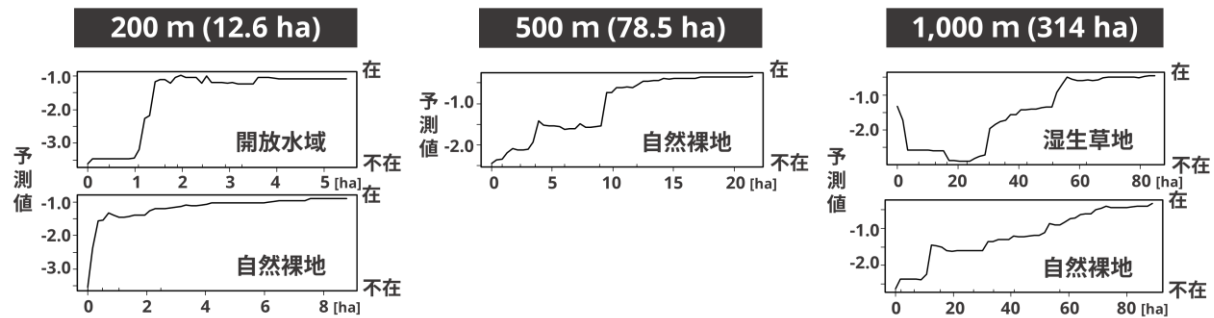


図-4 鬼怒川における5月から6月のコアジサシの出現に対する重要な特徴量の面積の応答。

し、開放水域の面積が約1.5 ha以上、自然裸地の面積が約0.5 ha以上になると、コアジサシの出現に強く寄与した (図-4)。開放水域の面積について、コアジサシ出現地点の中央値は2.5 ha、非出現地点の中央値は1.3 haであり、両群には有意差があった (図-5,  $U \text{ test}, P < 0.01$ )。同様に自然裸地の面積についても、出現地点の中央値は1.0 ha、非出現地点の中央値は0 haであり、両群に有意差があった (図-5,  $U \text{ test}, P < 0.001$ )。

500 m圏 (78.5 ha) では、自然裸地の面積が有意かつ最も重要度の高い特徴量となった (Boruta,  $P < 0.01$ , 図-3)。自然裸地の面積はコアジサシの出現に対して正の傾向を示し、約10 ha以上になると、コアジサシの出現に強く寄与した (図-4)。自然裸地の面積について、コアジサシ出現地点の中央値は10 ha、非出現地点の中央値は1.7 haであり、有意差があった (図-5,  $U \text{ test}, P < 0.001$ )。

1,000 m圏 (314 ha) では、湿生草地と自然裸地の面積が有意かつ特に重要度の高い特徴量として選択された (Boruta,  $P < 0.01$ , 図-3)。これらはコアジサシの出現に対して正の傾向を示した。湿生草地の面積が約20 haまでは減少傾向だったが、その後増加傾向を示し、約50~60 ha以上になると、コアジサシの出現に強く寄与した。自然裸地の面積については増加とともに、コアジサシの出現に寄与した (図-4)。湿生草地の面積について、コアジサシ出現地点の中央値は53 ha、非出現地点の中央値は27 haであり、これらの間には有意差があった (図-5,

$U \text{ test}, P < 0.001$ )。同様に自然裸地の面積についても、出現地点の中央値は18 ha、非出現地点の中央値は5.0 haであり有意差があった (図-5,  $U \text{ test}, P < 0.001$ )。

#### 4. 考察

##### (1) 河川内陸域におけるコロニーの重要性

今回明らかになった河川内陸域におけるコアジサシのコロニーに関して、海浜や海岸の埋め立て地で報告されている数百~数千個体のコロニーに比べると<sup>15), 16)</sup>、その規模は小さかった。同様の傾向は、他地域でも報告されている<sup>17)</sup>。しかしながら、少なくとも鬼怒川の中州2地点では巣立ち後のヒナが観察されており、河川内陸域のコロニーが国内におけるコアジサシ個体群の存続に寄与していることが示唆される。コアジサシはその営巣生態上、増水や天敵の影響によって繁殖成功率が著しく低下する<sup>3)</sup>。そのため、河川内陸域のコロニー規模は小さくとも、コロニー形成可能な砂礫地が様々な場所に存在していれば、繁殖失敗のリスクを低減できる可能性がある。

その一方で、内陸域では継続的にコロニーが形成されている河川が少なかった。コアジサシのコロニー形成箇所は絶えず変化し、数年単位でより好適な砂礫地へとコロニー箇所が変わるため<sup>3)</sup>、継続的なコロニー形成がないことが、直接的に個体群の縮小を示すわけではない。

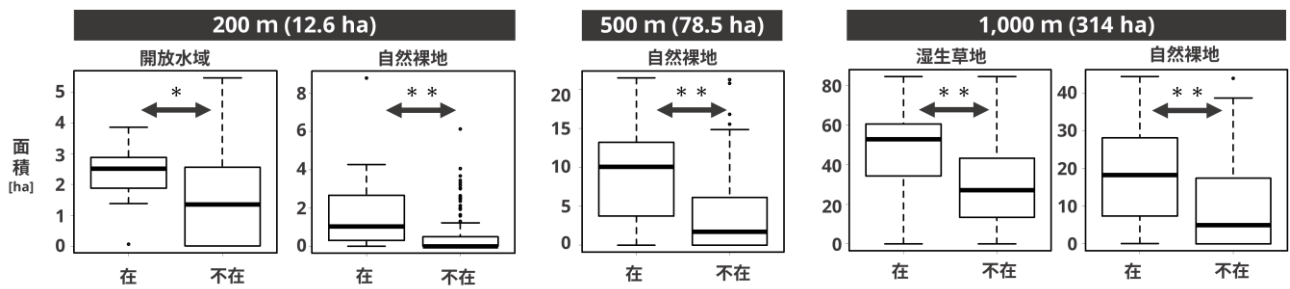


図5 鬼怒川におけるコアジサシの在・不在別にみた重要特徴量の面積 (U-test, \*,  $P < 0.01$ , \*\*,  $P < 0.001$ )

しかしながら、1990年代以降、国内河川の多くで河道の二極化および樹林化が進行しており<sup>18)</sup>、この影響を受けてコアジサシのように砂礫地等の氾濫原環境で営巣する鳥類の個体数は40%以上減少していることが推定されている<sup>19)</sup>。これに加え、国内のコロニー形成箇所の大半が造成地である現状を踏まえると、各地の河川でコアジサシのコロニー形成に適した砂礫地が新たに形成されにくい状況が推測される。現在、水国の鳥類調査は5巡目が進められているが、4巡目とコロニーの状況がどのように変化しているか、詳しく検討する必要があるだろう。

コアジサシのコロニーには、アジサシ *Sterna hirundo* や ツバメチドリ *Glareola maldivarum*、コチドリ、シロチドリなど他の鳥類も同所的に営巣場所として利用することが知られている<sup>7, 20)</sup>。本研究でも、セイタカシギ、コチドリ、シロチドリの営巣が確認された。また、コアジサシの内陸域における営巣地点の特徴として、河川合流点や分流点付近、あるいは床固や堰堤下流の中州や砂州がみられた。こうした環境は鳥類だけでなく魚類や水生昆虫、陸生昆虫、水生植物等の他の分類群にとっても重要な生息環境となる<sup>21), 22)</sup>。しかしながら、こうした環境では堤防決壊のリスク等、治水上、極めて重大な問題が発生する可能性が高いことが指摘されている<sup>22)</sup>。その中でも、利根大堰下流では、治水効果向上のための地盤切り下げやフラッシュによってコアジサシ等の生息に必要な砂礫地の再生が検討され<sup>21)</sup>、木曽川水系では中州掘削時のコロニー移設等<sup>23)</sup>、治水とコアジサシの営巣を両立させるべく、様々な取り組みが実施されている。本研究において、各コロニーにおける砂礫地面積と営巣数との間には有意な正の相関があり、最大営巣数は3.9 haの砂礫地における73巣であった。また、巣立ちの確認された砂礫地の最小面積は3.5 haであった。さらに先行研究では、3 ha程度の造成裸地を確保できれば、コロニーの集団防衛に十分な100ペアのコアジサシを維持できるとされる<sup>24)</sup>。親鳥個体数と砂礫地面積との間に有意な関係性はみられなかったものの、73巣が記録された3.9 haの砂礫地では、親鳥が160個体記録されていた。このことから、治水や自然再生による河川整備時に少なくとも3~4 ha程度の砂礫地面積を維持・創出できれば、コアジサシのコロニー形成に好適となる可能性がある。なお、本研究で

は1 ha未満の砂礫地にもコロニーが存在した。人工的に創出したコロニーサイトでは、この程度の規模であると捕食者の影響等により、繁殖失敗に繋がる可能性が指摘されている<sup>24)</sup>。その一方で、利根川河口部では、コロニーサイトとなっていた導流堤の撤去時に、その3 km上流に0.5 ha程度の代償営巣地を造成したところ、コロニー形成に至った事例も存在する<sup>25)</sup>。1 ha未満の砂礫地に形成された小規模コロニーがコアジサシ個体群の繁殖にどの程度寄与するのかについても、コアジサシ保全の観点から今後の解明が望まれる。

## (2) 鬼怒川を事例としたコアジサシ生息適地の考え方

鬼怒川におけるコアジサシの出現に対し、全バッファにおける自然裸地の面積以外に、それぞれ200 m圏では開放水域が1.5 ha以上、1,000 m圏では湿生草地の面積が約20 ha以上になると強い正の寄与を示した。なお、湿生草地では0 haから約20 haまでは負の傾向を示したが、これについては本研究で考慮しなかった湿生草地の構成群落や質等の要因が関係している可能性があり、ここでは扱わない。コアジサシはダイビング型の採餌生態を示すが、その潜水深は30 cm程度であり、水深1 m未満の浅瀬が主な採餌場所となる<sup>8)</sup>。これに関して筆者らは木曽川の河道内氾濫原に形成されたタマリにおいて、6月にコアジサシが繰り返しダイブして魚類を採餌する様子を観察している(図-6)。本研究結果とこの観察例を合わせて考えると、湿生植物の移行帯や浅瀬、ワンド、たまりといった水域がコアジサシの採餌環境として重要と推察される。また、コアジサシは繁殖期初期には巣からあまり移動せず、周辺の水域で採餌する傾向がある<sup>8)</sup>。鬼怒川のデータは繁殖期にコアジサシがどの地点に出現したかのみを示すため、繁殖に関して厳密な言及はできないが、砂礫地に加え繁殖期の主な行動圏である1,000 m圏内に湿生草地や開放水域を維持・再生することで、鬼怒川における新たなコアジサシ営巣適地の創出にも繋がる可能性がある。なお、本研究はあくまで鬼怒川の事例であるため、対象河川ごとに本研究と同様の検討を実施することが望ましい。また、治水や自然再生事業においてコアジサシの生息適地を創出する際には、餌となる魚類や甲殻類<sup>9)</sup>の生息環境への配慮が欠かせない。



図-6 木曾川の河道内氾濫原に形成されたタマリで魚類を採餌するコアジサシ 2019年6月撮影。

### (3) おわりに

本研究から、関東地域の一級水系におけるコアジサシのコロニーについて、その形成箇所の特徴や必要な砂礫地面積が明らかになった。また鬼怒川におけるコアジサシの出現に対し、自然裸地（砂礫地）以外にバッファスケールによって開放水域や湿生草地在正に寄与することが示された。これらの知見は、河川域におけるコアジサシの保全に関して、具体的かつ重要な視座を与えるものである。近年、激甚化する水害を踏まえ、国土交通省では流域治水への転換が図られている<sup>26)</sup>。河道掘削による湿地、遊水地の造成は流域治水と相性の良い整備メニューとして大いに注目されており、こうした取り組みによるコアジサシの生息地や営巣地の創出が期待される。本研究で得られたコアジサシのコロニーの特徴や生息適地に関する知見を踏まえつつ、順応的管理の視点からコアジサシの保全を検討していく必要があるだろう。

### 参考文献

- 1) 中村登流, 中村雅彦: 日本野鳥生態図鑑水鳥編, 保育社, 1995.
- 2) Catry, T, Ramos, J.A., Catry, I, Allen-Revez, M., & Grade, N.: Are salinas a suitable alternative breeding habitat for Little Terns *Sterna albifrons*?, Ibis, 146, pp.247-257, 2004.
- 3) 環境省自然環境局野生生物課: コアジサシ繁殖地の保全・配慮指針, 環境省自然環境局野生生物課, 2014.
- 4) 全国鳥類繁殖分布調査2016-2020:  
<https://bird-atlas.jp/news/bunpu16-20.pdf>.
- 5) 環境省レッドリスト2020:  
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/114457.pdf>.
- 6) 林宏, 岡田徹: わが国におけるコアジサシ *Sterna albifrons* の繁殖状況, Strix, 11, pp.157-168, 1992.
- 7) 遠藤孝一・高橋英樹・藤田幸子: 栃木県におけるツバメチドリ繁殖記録, 日本鳥学会誌, 35, pp.166-168, 1987.
- 8) Eglinton, S. & Perrow, M.R.: Literature review of tern (*Sterna* & *Stemula* spp.) foraging ecology, ECON Ecological Consultancy Limited, 2014.

- 9) Breiman, L.: Random forests. Machine learning, 45, pp.5-32, 2001.
- 10) Carrasco, L., Mashiko, M., & Toquenaga, Y.: Application of random forest algorithm for studying habitat selection of colonial herons and egrets in human-influenced landscapes, Ecological research, 29, pp.483-491, 2014.
- 11) Li, N., Li, X.H., An, S.Q., & Lu, C.H.: Impact of multiple bird partners on the seed dispersal effectiveness of China's relic trees, Scientific Reports, 6, pp.1-7, 2016.
- 12) Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J.: Random forests, In The elements of statistical learning, pp.587-604, Springer, 2009.
- 13) R Core Team.: R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2016.
- 14) Kursu, M.B., & Rudnicki, W.R.: Feature selection with the Boruta package. J Stat Softw, 36, pp.1-13, 2010.
- 15) 大城明夫: 大阪湾岸におけるコアジサシの繁殖状況調査と標識調査, 日本鳥類標識協会誌, 8, pp.26-32, 1993.
- 16) 環境省自然環境局: 平成23年度コアジサシ保全方策検討調査委託業務報告書, 環境省自然環境局, 2012.
- 17) 佐藤重穂: 四国地域におけるコアジサシの繁殖地の規模と環境特性, 四国自然史科学研究, 7, pp.8-11, 2013.
- 18) 日本湿地学会: 日本の湿地—人と自然と多様な水辺, 朝倉書店, 2018.
- 19) Yabuhara, Y., Yamaura, Y., Akasaka, T., & Nakamura, F.: Predicting long-term changes in riparian bird communities in floodplain landscapes, River Research and Applications, 31, pp.109-119, 2015.
- 20) 東陽一, 桑原和之, 金井裕.: コアジサシ *Sterna albifrons* の営巣地の現状と保全策, Strix, 14, pp.143-157, 1996.
- 21) 利根大堰下流域における治水と環境の一体的な対策:  
[https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000634022.pdf](https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000634022.pdf).
- 22) 原田守啓, 永山滋也, 河口洋一, 萱場祐一: 中小河川の河道内氾濫原と河川合流部の重要性, 応用生態工学, 23, pp.109-115, 2020.
- 23) 大塚之稔: 野鳥にとっての中州, 自然との共生, 7, pp.5-6, 2005
- 24) Fujita, G., Totsu, K., Shibata, E., Matsuoka, Y. et al.: Habitat management of little terns in Japan's highly developed landscape. Biological conservation, 142, pp.1891-1898, 2009.
- 25) 益子美由希, 舟久保敏, 田和康太, 鶴田舞, 中村圭吾: 鳥類の良好な生息場の創出のための河川環境の整備・保全の考え方, 国土技術政策総合研究所・土木研究所資料, 国土技術政策総合研究所・土木研究所, 2020.
- 26) 気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について:  
[https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/kikouhendou\\_suigai/pdf/03\\_honbun](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/kikouhendou_suigai/pdf/03_honbun).