

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 29 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24310033

研究課題名(和文) アダプティブ・マネジメントによるコウノトリ野生復帰の研究と実行

研究課題名(英文) Scientific study and practice of reintroduction of the Oriental White Stork by the method of adaptive management

研究代表者

江崎 保男 (Ezaki, Yasuo)

兵庫県立大学・地域資源マネジメント研究科・教授

研究者番号：10244691

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：兵庫県但馬地方のコウノトリ再導入個体群は2015年に、そのサイズが80に達したが、本研究により社会構造がほぼ解明され、但馬地方の環境収容力が約50羽であることがわかった。巣塔の移動や給餌の中止を地域住民の合意のもとに進め、生息適地解析、個体群モデルの活用、核DNAをもちいた家系管理を進めながら、水系の連続性確保に努めた結果、餌動物の現存量増加が確認できたことなど、野生復帰が大いに進展した。また、コウノトリが全国各地に飛んで行き、徳島県では新規ペアが産卵するなど、メタ個体群形成に向かって野生復帰が一気に加速しており、アダプティブ・マネジメントの手法もほぼ確立できた。

研究成果の概要(英文)：Population size of the Oriental White Stork (OWS: *Ciconia boyciana*) that was reintroduced in Tajima district, Hyogo Prefecture, Japan increased to 80 in 2015. Our study clarified its basic social systems (pair-territory, existence of satellite birds helping territory-defence, etc.) and carrying capacity of Tajima district (50 birds). On the other hand, we conducted monitoring of aquatic prey animals and confirmed their increase with the practice of engineering works connecting the water-flow between rivers, ditches and paddy fields. Floaters of OWS visit different places all over Japan now, and a new pair laid eggs in Tokushima Prefecture, Shikoku Island in 2016. With the repetition of meetings with local people we could stop artificial feeding and nest-towers could be moved to more preferable sites. Our analysis of nuclear DNA helped management of OWS families. Thus we established the method of "adaptive management" by combining ecological, genetic and social sciences.

研究分野：動物生態学

キーワード：コウノトリ 再導入 アダプティブ・マネジメント 合意形成 生息適地解析 水系の連続 家系管理

1. 研究開始当初の背景

かつては国内に広く生息していたと考えられるコウノトリは、20世紀に入ると兵庫県豊岡市を中心とする但馬地方に分布が限られるようになったが、これも1971年に野生絶滅した。しかし、2005年に再導入が開始され、その後2007年には、放鳥ペアが野外繁殖に成功し、繁殖個体群の形成に至った。ただし、ペアは人為的な餌に部分依存しており、野外での自活が達成されていないので、豊岡個体群は真の野生個体群とは言い難い。そこで、アダプティブ・マネジメントの手法をもちいて、人為依存からの段階的脱出と巣塔の実験的移動によるなわばりの適正配置を行う方針を立てた。前者には、餌となる魚類等の生活史をふまえて、河川と水田のつながりを効果的に回復し、餌のアヴェイラビリティを向上させる環境整備が必須である。また、これと並行して給餌を段階的に中止し、巣塔を移動する必要があるが、これらの課題のいずれにおいても地元住民との合意形成・官民学の連携が不可欠であり、新繁殖個体群の創設についても同様である。また豊岡個体群の遺伝的多様性保証の為、飼育・野外両個体群の家系管理の推進が必要である。

2. 研究の目的

世界的な絶滅危惧種であるコウノトリの野生復帰事業が進められている兵庫県豊岡市において、すでに野外で生活・繁殖しているとはいうものの、巣場所や餌を人為に依存しているコウノトリ個体群を対象に、人為に依存しない真の野生化とメタ個体群構造の確立を果たすために、生態学・遺伝学と社会学の統合的研究を行うこと、アダプティブ・マネジメントの手法をもちい、自然再生による自然環境整備と地域の合意にもとづく社会環境整備を進めるとともに、野生復帰の科学的手法を確立する。本種の野生個体群に関する生態学的研究はほとんどないので、野生復帰は目標を定め、実験的試みを繰り返すアダプティブ・マネジメントで行うしかなく、国内におけるアダプティブ・マネジメント手法確立のさきがけともなる。

3. 研究の方法

- (1) コウノトリの生態、特に underworld 解明のための、足環つき個体の野外調査
- (2) 巣となわばりの適正配置計画策定のためのコウノトリの生息適地解析
- (3) コウノトリ自活モデル事業遂行のための魚類を中心とする餌動物の野外調査
- (4) 巣塔の移動・給餌の段階的中止をめぐる合意形成に関する社会的実践と、これに伴うコウノトリの行動・生態変化のモニタリング
- (5) 家系管理のための核DNA解析及びハプロタイプ・近交係数をもちいた遺伝学的解析
- (6) 野外個体群マネジメントのための個体群モデルの活用

(7) 新繁殖個体群の創設とアダプティブ・マネジメントによる野生復帰方法論の確立

4. 研究成果

(1) コウノトリ再導入個体群の動態と社会構造

再導入開始以降、野外繁殖は順調で、野外のコウノトリ個体数は増加を続け、2015年の繁殖期終了時点で82に達した。内訳をみると、繁殖しているのは9ペア18羽であり、残りの64羽は単独で生活し、なわばりをもたないフローターである。野外での一般的な成熟年齢は3歳であることがわかっているため、この64羽の中には成熟しているにも拘わらず、フローターにとどまっている雌雄が多数いることがわかった。コウノトリのペアはいったん繁殖に成功し、ヒナを巣立させると、ペア関係を継続させる堅い絆の一夫一妻であることがわかっているため (Ezaki & Ohsako 2012)、成熟したフローターの存在は、本種には互いに相手を慎重に選ぶ厳しい配偶者選択が存在していることを示唆する。経年的には、野外巣立ちの開始以降、性比がメスに偏っていること、成熟年齢に達しない若鳥の比率が高い事がわかった。また成熟したフローターが2011年以降、雌雄ともに安定して存在していること、野外の巣立ちが始まった翌年の2008年以降、性比の偏りが激しくなったこと、そして若鳥の比率が2008年以降、安定して半数を占めていることもわかった。再導入以降の個体数変動については、豊岡市を中心とする但馬地方にとどまっている個体数と但馬地方外に滞在している個体数に分けると、2014年からはじめから後者が急増するのに対応する形で、前者が50前後で頭打ちになり、但馬地方の環境収容力が50羽前後であること示唆された。本研究では、コウノトリの社会構造の基本がほぼ解明された。それは、ペアなわばりが社会構造の基盤、堅い絆の一夫一妻、若鳥を主体とする多数のフローターが存在、ヨーロッパコウノトリと同様、親による子殺しが存在 (究極要因: 吐き出しという給餌行動に関係した「口減らし」)、群集の頂点捕食者としての厳しい種内闘争が存在、なわばり内に「居候」が存在。なお「underworldの解明」として特に目標設定した項目である。

(2) 生息適地解析による巣となわばりの適正配置計画

コウノトリの営巣場所選択が巣と周辺の開放立地との間の視認性と巣から500mおよび2000m以内の採餌場所の面積に規定されているとの仮説を立て、野生個体が生存していた当時の営巣場所情報を基に解析を実施した所、上記設定距離いずれにおいても潜在的な営巣可能性は、主要採餌ハビットの水田面積が広いほど高くなり、また、500m以内の視認性の高まりとともに高くなることが判明した。この結果は、周囲に採餌環境が十分に

存在するという条件に加えて、捕食者および同種他個体に起因する繁殖へのリスクが軽減されるため、視認性の程度がコウノトリの営巣場所選択に影響を与えているという新たな視点を提供する。また、この適正配置計画に従って、2011年時点で豊岡盆地に設置されていた3巣塔の移動を計画・実行し、その結果、1カ所ではペアが移住し、もう1カ所では新たなペアが営巣を試みるようになった。

(3) 餌のアヴェイラビリティ向上による自活モデル事業の実行

豊岡盆地内の3地区において、餌動物のポテンシャルとこれに寄与する要因を調査した。2012年に自活つがい形成された福田地区で、コウノトリの採餌がみられた水田の餌動物個体数は、採餌されなかった水田より有意に大きかった(佐川 2012a)。百合地地区では魚道付き水田内でドジョウ・フナ属・ナマズの稚魚が確認されたものの現存量にはバラツキがみられ、現存量はソースに近いほど大きかった(佐川 2012b)。祥雲寺地区では、地区内を流下する鎌谷川・連結水路・ピオトープで魚類調査を実施し、22種の魚類を確認した。さらに、下流域においては、マハゼ等の汽水魚の生息により多様性指数が高かったものの、上流域や連結水路では多様性が低下し、ピオトープではドジョウとキタノメダカ以外の魚類の生息は皆無であった(田和ほか 2016)。この事は、鎌谷川中流部の取水堰・排水路の落差、ピオトープ魚道の老朽化に起因していた。そこで、豊岡市祥雲寺地区と越前市白山地区において、自活モデル事業を実行した。前者では鎌谷川からピオトープまでの魚道整備事業を実施し、河川とピオトープにおいて事業前後のモニタリング調査を行った。後者では水生動物のために水田に近接する恒常的水域(水田退避溝)を整備した(日和ほか 2016)。その結果、両者において水生動物の現存量が増加した。このように、コウノトリの餌動物のアヴェイラビリティ向上のためには、水系の連続性確保・水田域に近接したソース環境創出が、極めて効果的であることがわかった。

(4) 巣塔の移動と給餌の段階的中止に関する合意形成、およびこれに伴う行動・生態の変化

コウノトリ野生復帰計画では、地域住民やその他ステークホルダーとの合意形成が不可欠である(菊地 2012)。(2)から、開けた平地巣塔が他個体の侵入を容易にしていることが判明したので、不適地の巣塔を、適地に移動する必要性が生じた。そこで豊岡市内で巣塔移動を計画した3地区と給餌中止を計画した1地区に出向き、区役員の合意をえた。また、百合地区に定着・営巣したペアに対して、2012年1月から給餌量を順次削減し、10月には給餌を完全に中止した。その結果、段

階的な給餌量削減により、給餌への依存を減少させることができた。なお、2015年から豊岡市内で営巣中のペアが生息する9地区で、地域住民との「コウノトリ茶話会」を開催し、約150名の参加をえている。

(5) 核DNAの解析とこれもちいた家系管理
繁殖計画の基本となるペア評価におけるDNA分析の有効性を検討した(内藤ほか 2012)。豊岡で飼育されている、あるいは飼育後放たれ31個体について、マイクロサテライトの12遺伝子座をタイピングした。遺伝子座当りの対立遺伝子数は平均5.08、ヘテロ接合度の期待値は平均0.608で、1遺伝子座を除き、ハーディ・ワインバーグ平衡からの有意なずれは認められなかった。飼育下及び野外でペアを形成している個体間の遺伝的距離は比較的遠く、ハプロタイプが同一の個体はペアにしないというこれまでの方針が、うまく機能してきたことが示された。

(6) 個体群モデルを使った野外個体群のマネジメント

2005~2014年の野外個体群の繁殖パラメータを集計したところ、平均産卵数は 4.0 ± 0.6 (SD)、平均孵化雛数は 2.1 ± 0.9 、平均巣立ち雛数は 1.5 ± 0.7 であった。リリース個体および野外巣立ち個体の年別・齢別の生存率を集計したところ、リリース後のオスは 0.91 ± 0.08 、メスは 0.93 ± 0.09 、また巣立ち後のオスは 0.86 ± 0.16 、メスは 0.90 ± 0.10 であった。生存率はともに高く、かつオスとメスの間に有意差はなかった。これらのパラメータを用いて個体群持続可能性分析を行ったところ、近い将来、個体群レベルで持続の危機に陥る可能性はきわめて小さいと予想された(高須・大迫 2012)。

(7) 新繁殖個体群の創設とアダプティブ・マネジメントによる野生復帰の方法論

2015年末現在では、豊岡市とその周辺以外には新たな繁殖ペアがいまだ誕生していない。新繁殖個体群創設のために、近隣の養父市と朝来市において、2013年から巣立ちピナのソフトリリースが行われてきた。仮親を飼育し、これに遺伝的に適切な家系の卵を預け巣立ちさせる試みであるが、子以外のコウノトリが誘引される現象がみられ「デコイ効果」と名付けた。今年には新たな事態が起きた。2015年春に、徳島県鳴門市に但馬生まれの雌雄が長期滞在し、造巣を始め、地元のコウノトリの定着・繁殖を期待する機運が高まり、コウノトリに周年レストランを提供する取組みが開始された。鳴門市には低湿地が広がっており、ここでは田圃でレンコンを栽培している。コウノトリにとって侵入が容易な浅い水域が広がっているのである。しかも、ここには、魚類・ザリガニなどの好適な餌動物が密度高く生息していることが明らかにな

りつつある。年があげた 2016 年 3 月、本研究代表者・江崎の指導のもと徳島県が、当該雌雄が産卵したことを発表した。このように、コウノトリの飛来が結果として陸域の生物多様性の保全・復元の機動力になる。このことを、陸域生物多様性の保全・復元をもたらす「正のスパイラル戦略」と名付けた（江崎 2015）。野生復帰においては、飼育下のコウノトリを野に放し、行動と生態を明らかにすることが第 1 ステップであり、その結果、その生態が世界で初めて解明された。第 2 ステップは、陸域の生物多様性衰退の主要因である淡水魚類群集の復活をめざしたモデル事業であり、本研究は官民学の連携による水系のつながりの復活と魚類の再生産の道標事業を成功させた。そして、第 3 のステップが新たな繁殖個体群の確立であり、このことに関しても「正のスパイラル戦略」により、少なくとも新たな繁殖地の確立に大きな一歩を踏み出した。このように、本研究によって「アダプティブ・マネジメントをもちいた野生復帰の方法論」が確立された。

5. 主な発表論文等

Yasuo Ezaki, Yoko Mitsuhashi and Yoshito Ohsako Survival, mortality and skewed sex ratio of the Japanese Oriental White Stork reintroduced population at the end of 2014. *Reintroduction* 査読有、4 巻、2016、95-99

田和康太・佐川志朗・丸山勇気・日和佳政・水谷瑞希、兵庫県豊岡市の水田ピオトープにおける水生動物群集の越冬状況、野生復帰、査読有、4 巻、2016、87-93

日和佳政・藤長裕平・水谷瑞希・田和康太・佐川志朗 2016. コウノトリの採餌環境創出を目的とした水田退避溝設置の効果 - 福井県越前市における水田生態系保全事例 -、野生復帰、査読有、4 巻、2016、29-36

江崎保男、コウノトリ野生復帰の薬効 ワイズユースによる地域社会づくり、Ehime Center for Policy Research、36 号、2015、3-10.

江崎保男、地域の生物多様性復元：ツールとしてのエコ資源、野生復帰、3 巻、2014、7-11

Yasuo Ezaki, Yoshito Ohsako & Satoshi Yamagishi. Re-introduction of the oriental white stork for coexistence with humans in Japan. *Global Re-introduction Perspectives: Further case-studies from around the globe* (eds) Pritpal S. Soorae, IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group & Environment Agency-ABUDHABI、2013、pp.85-89.

内藤和明・西海 功・大迫義人、豊岡の飼育下および野外のコウノトリの遺伝的多様性と繁殖計画への示唆、野生復帰、査読有、2 巻、2012、57-62

菊地直樹、兵庫県豊岡市における「コウノトリ育む農法」に取り組む農業者に対する聞き取り調査報告、野生復帰、査読有、2 巻、2012、103-120

高須夫悟・大迫義人 2012. 日本におけるコウノトリの再導入個体群の存続可能性分析、野生復帰、査読有、2 巻、2012、37-42

佐川志朗、コウノトリ育む環境整備の進め方、野生復帰、査読有、2 巻、2012、27-31

佐川志朗、魚道付き水田における魚類の自然再生産に寄与する要因、野生復帰、査読有、2 巻、2012、83-88

Yasuo Ezaki and Yoshito Ohsako. Breeding biology of the Oriental White Stork reintroduced in Central Japan Effects of artificial feeding and nest-tower arrangement upon breeding season and nesting success. *Reintroduction* 査読有、2 巻、2012、43 -50

6. 研究組織

(1) 研究代表者

江崎 保男 (EZAKI, Yasuo)

兵庫県立大学・大学院地域資源マネジメント研究科・教授

研究者番号：10244691

(2) 研究分担者

大迫 義人 (OHSAKO, Yoshito)

兵庫県立大学・大学院地域資源マネジメント研究科・准教授

研究者番号：40326294

佐川 志朗 (SAGAWA, Shiro)

兵庫県立大学・大学院地域資源マネジメント研究科・准教授

研究者番号：30442859

内藤 和明 (NAITO, Kazuaki)

兵庫県立大学・大学院地域資源マネジメント研究科・准教授

研究者番号：50326295

三橋 弘宗 (MITSUHASHI, Hiromune)

兵庫県立大学・自然・環境科学研究所・講師

研究者番号：50311486

細谷 和海 (HOSOYA, Kazumi)

近畿大学・農学部・教授

研究者番号：10330242

菊地 直樹 (KIKUCHI, Naoki)

総合地球環境学研究所・研究部・准教授

研究者番号：60326296