

# 4-1606 トキの野生復帰のための放鳥個体群・里山の 管理手法と持続可能な地域社会モデルの研究

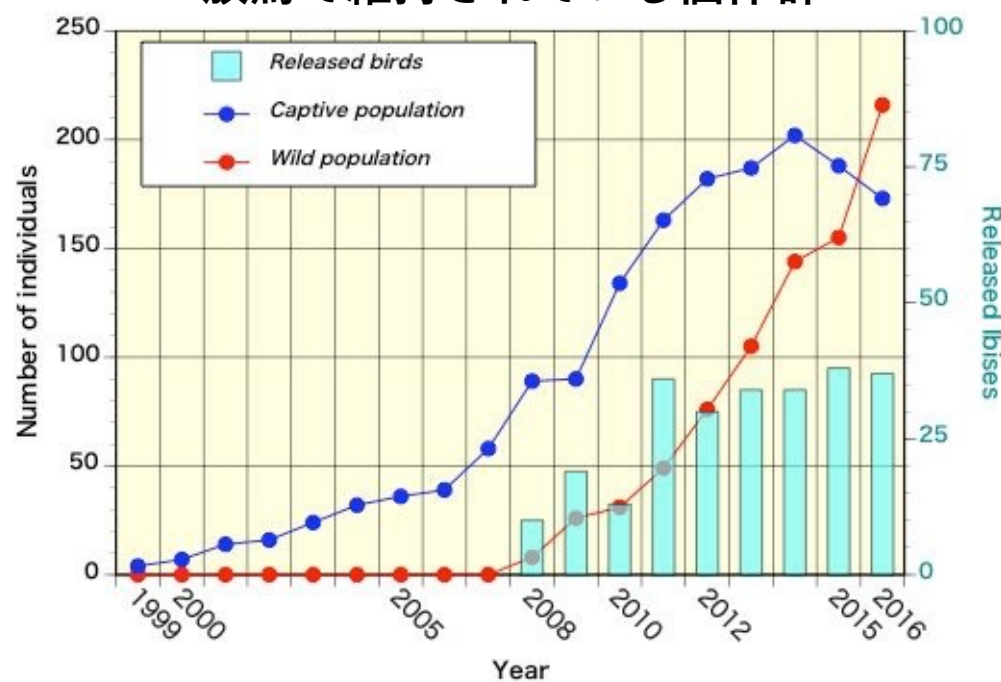


新潟大学 ©永田尚志・山田宜永・杉山稔恵・岸本圭子・満尾世志人・  
江藤毅・豊田光世

# 研究開始時（2016）の課題

野生絶滅したトキの再導入を実現するために、環境省は2008年から佐渡島でトキの放鳥を実施している。毎年、10～38羽のトキを放鳥することで野生個体群は着実に増加し、「**2015年までに60羽の定着**」という初期目標は達成し、ロードマップ2020では「**2020年までに220羽のトキを佐渡に定着させる**」ことを目標としていた（2018年に達成）

放鳥で維持されている個体群



| 個体群変数   | 佐渡   | 中国     |
|---------|------|--------|
| 成鳥年生存率  | 0.78 | > 0.71 |
| 幼鳥年生存率  | 0.86 | > 0.49 |
| 放鳥1年生残率 | 0.69 | -      |
| 繁殖成功率   | 0.24 | < 0.68 |

人口減少や農業をとりまく環境の変化



2045年に人口は現在の半分まで減少

耕作放棄地の増加⇒採餌環境の減少

# トキの野生復帰のための放鳥個体群・里山の管理手法と 持続可能な地域社会モデルの研究（新潟大学）

## 放鳥トキの個体群管理手法の提案（サブテーマ1, 2）

### 1) 生態学的管理手法の研究（サブテーマ1）

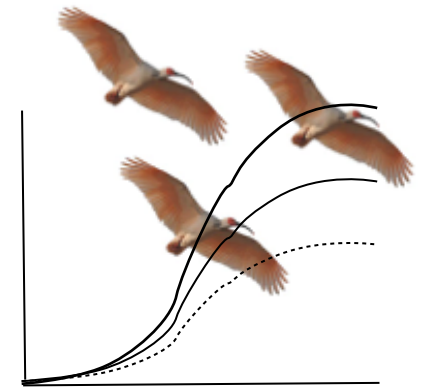
- ・繁殖成績を制限する要因の解明
- ・佐渡におけるトキの環境収容力の推定
- ・トキの稲踏み実態と被害予測

血縁度

### 2) 遺伝学的管理手法の開発（サブテーマ2）

- ・家系判定のための遺伝子マーカー開発
- ・未標識個体の家系推定技術の確立
- ・野外個体群の遺伝的管理モデルの開発

近交弱勢の  
影響評価



トキの繁殖・生存に  
関する地理的情報

餌生物と捕食者の  
生息密度等の情報

稲踏み被害影響評価  
等トキに関する情報

地域社会のトキに  
対する意識変化

## 里山生態系の管理手法の提案（サブテーマ3）

### 3) トキの野生復帰のための里地里山生態系の管理手法の研究

里山を構成する生物の時空間分布に影響を及ぼす景観構造と人間活動の影響解明

- ・景観レベルにおける農法によるドジョウ個体群動態の解明
- ・農地の管理強度が土壌動物群集に与える影響の解明
- ・景観要因による捕食者（テン・カラス類）の影響の解明

トキの野生個体群を支える里地里山生態系の管理モデル

地域ごとの里地里  
山管理課題の情報

持続可能な佐渡の  
里地里山管理方法  
の提案

## 地域社会モデルの提案（サブテーマ4）

### 4) トキと共存可能な地域社会モデルの構築に関する研究

- ・トキに対する住民の意識変化の把握
- ・里地里山環境を維持するうえでの課題の把握
- ・課題解決に向けた方策（政策、事業等）の提案
- ・里地里山環境を維持するための社会モデルの提案

## 生息可能な個体数（環境収容力）の推定

トキの再導入個体群の生態学的・遺伝学的管理方法の確立

トキの野生復帰を推進する里山の管理手法と地域社会モデルの体系化（マニュアル化）

愛知目標12の実現

自立可能なトキの再導入個体群の確立  
絶滅危惧ランクのダウングレード

トキとの共生に向けたロングタームミニマムマネジメントの提案

# 4-1606 トキの野生復帰のための放鳥個体群・里山の管理手法と 持続可能な地域社会モデルの研究 （研究体制）

新潟大学 研究推進機構 朱鷺・自然再生学研究センター  
自然科学研究科（農学系）

## （サブテーマ1） 放鳥トキの繁殖失敗要因と環境収容力の推定～放鳥個体群の生態学的管理手法の研究

新潟大学・研究推進機構 ◎永田尚志 ・・放鳥トキの繁殖状況から個体群の解析、および総括

## （サブテーマ2） 放鳥個体群の遺伝学的管理手法の開発

新潟大学・自然科学研究科（農学系） ○山田宜永 ・・遺伝子マーカーと遺伝モデルの開発

新潟大学・自然科学研究科（農学系） 杉山稔恵 ・・野外の受精率推定法の開発

## （サブテーマ3） トキの野生復帰のための里地里山生態系の管理手法の提案

新潟大学・研究推進機構 ○岸本圭子 ・・土壌動物群集の時空間的動態解析

新潟大学・研究推進機構 満尾世志人 ・・ドジョウの時空間的動態解析

新潟大学・研究推進機構 江藤 毅 ・・捕食者の時空間的動態解析

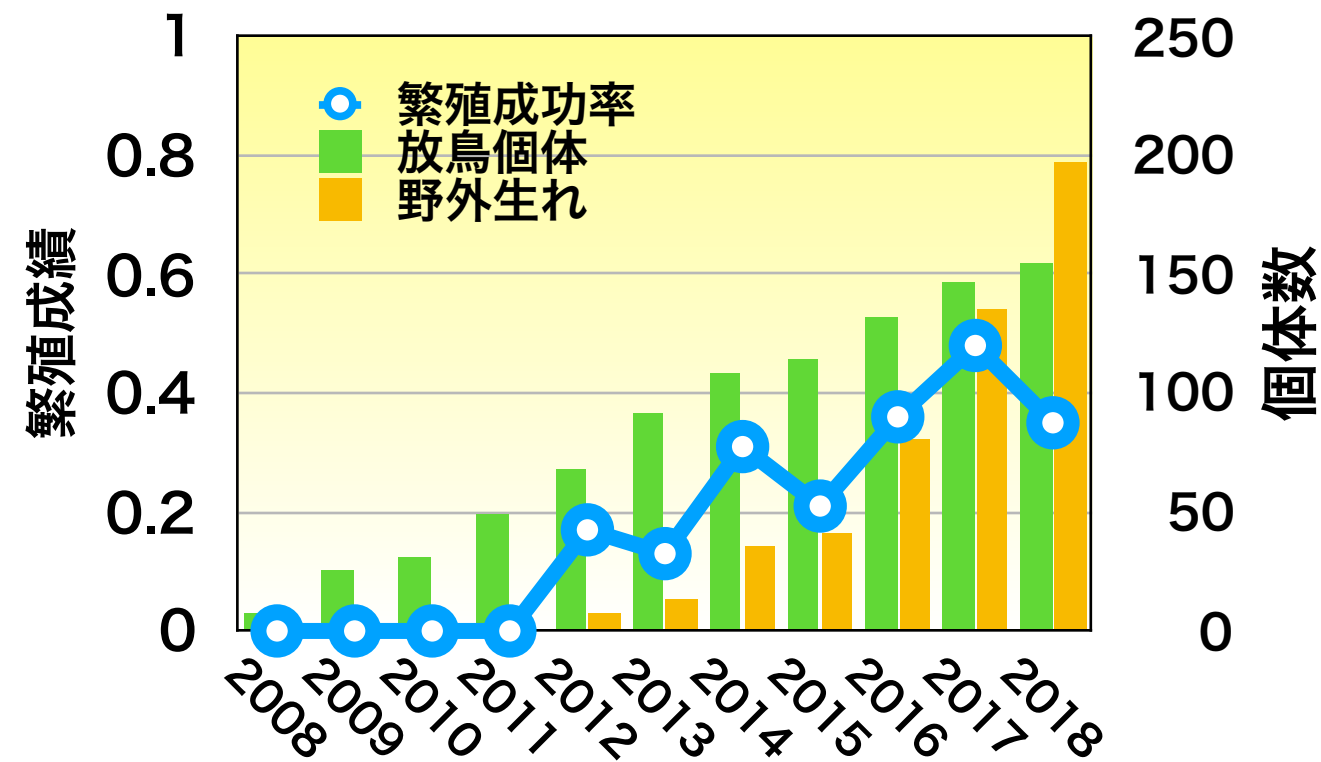
## （サブテーマ4） トキと共存可能な地域社会モデルの構築に関する研究

新潟大学・研究推進機構 ○豊田光世 ・・地域社会構造解析と合意形成プロセスの研究

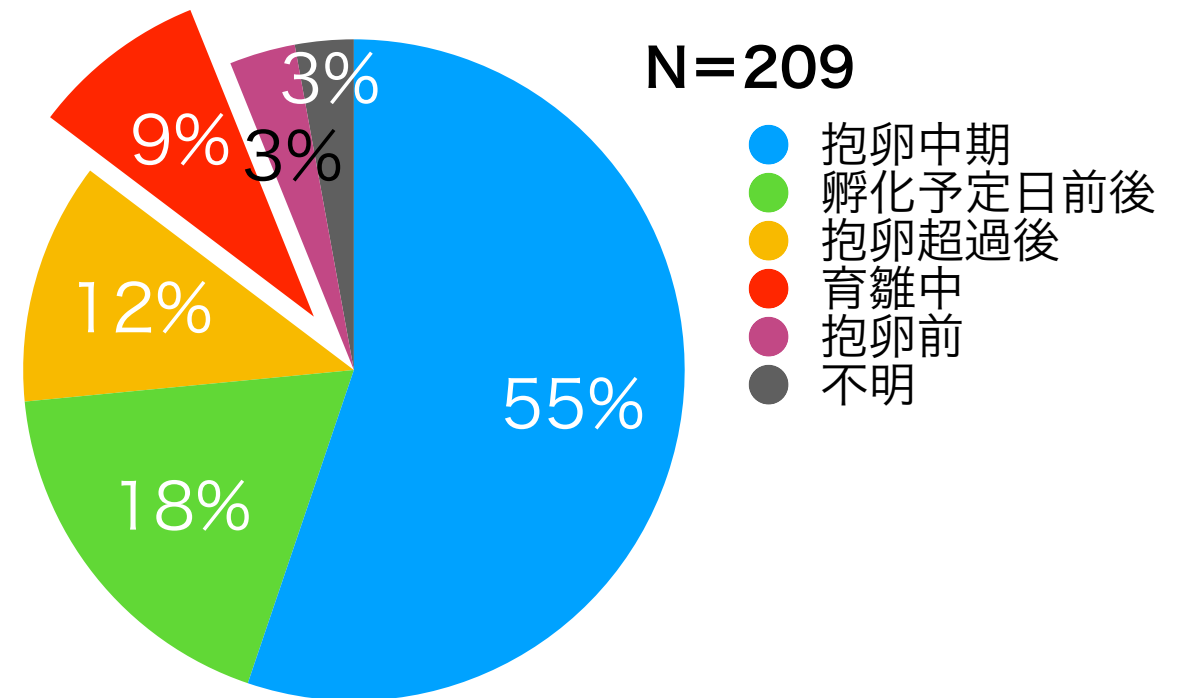
# 繁殖成績に影響を与える要因

(サブ①&③)

## 過去10年間(2009-18)の繁殖状況



## 繁殖失敗時期

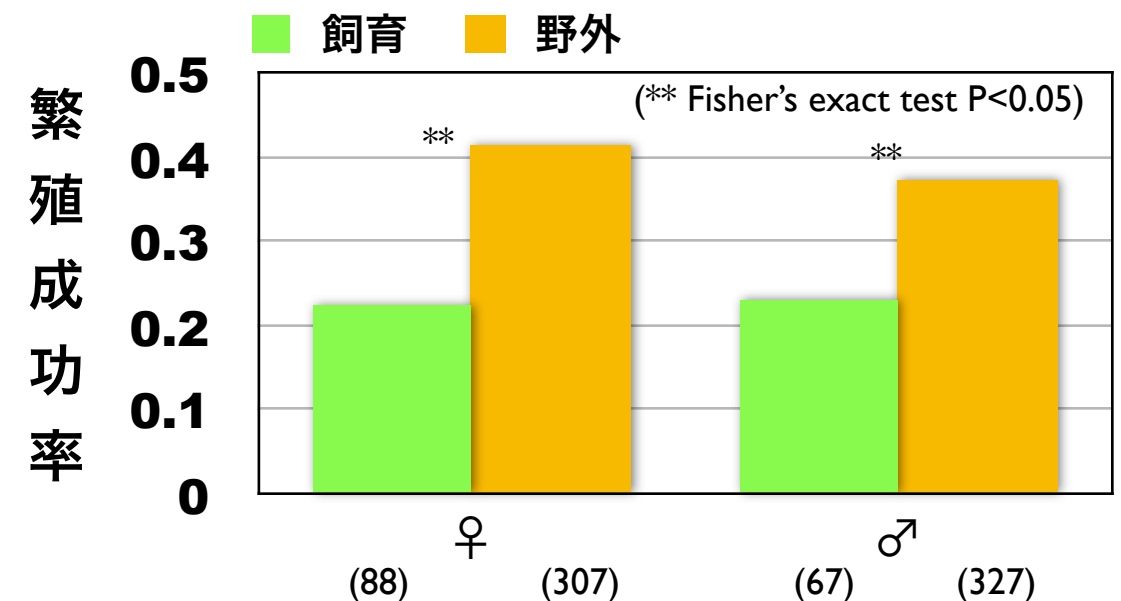


- ・繁殖失敗の85%は抱卵期に生じる
- ・捕食による失敗は約20%

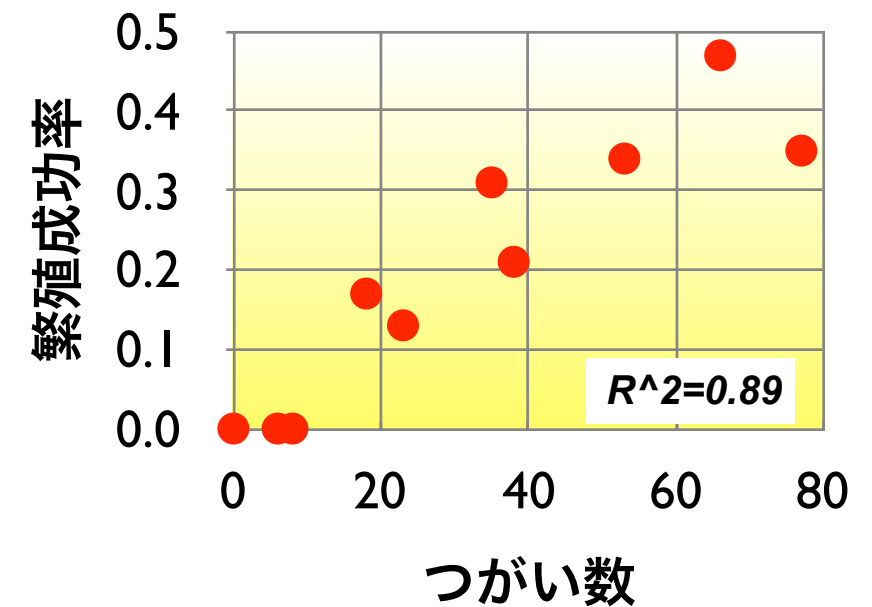
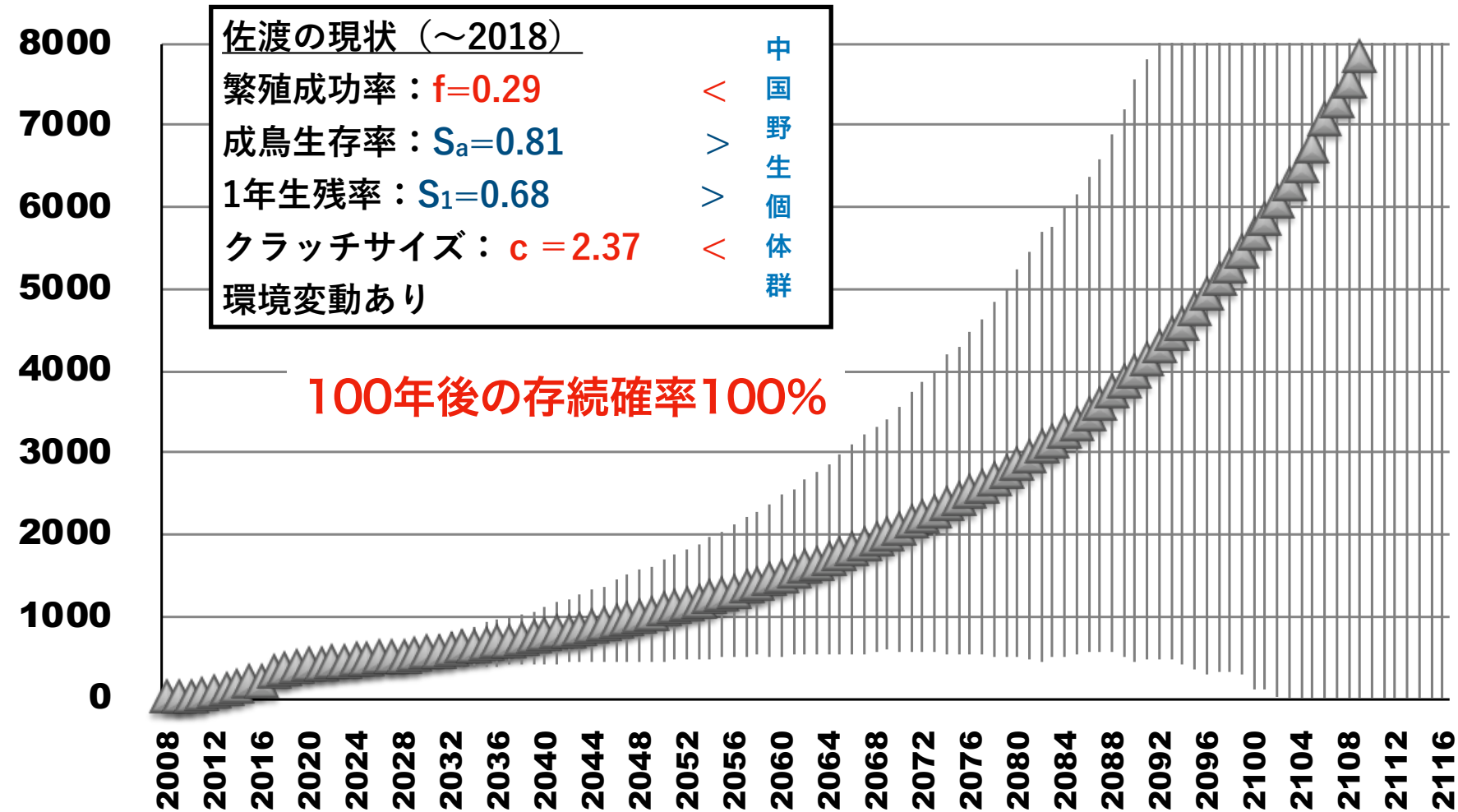
## 繁殖成功に影響を与える要因 (GLM)

| 変数    | 効果      | P    |
|-------|---------|------|
| 切片    |         | 0.97 |
| ♂年齢   | Old (+) | 0.02 |
| ♀育雛形態 | 自然 (+)  | 0.98 |
| ♀出自   | 野生 (+)  | 0.05 |

## 繁殖成績と親の出自

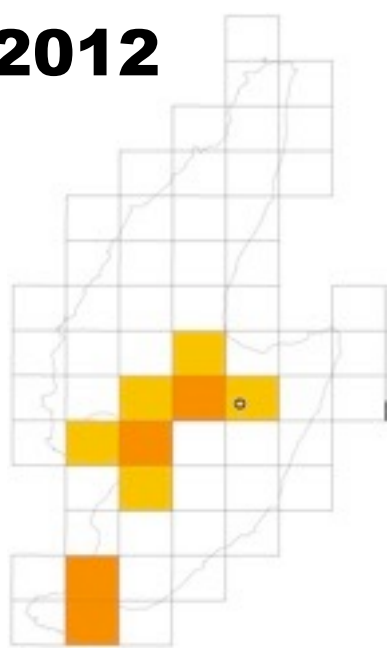


# 個体群動態予測と環境収容力の推定 (サブ①)

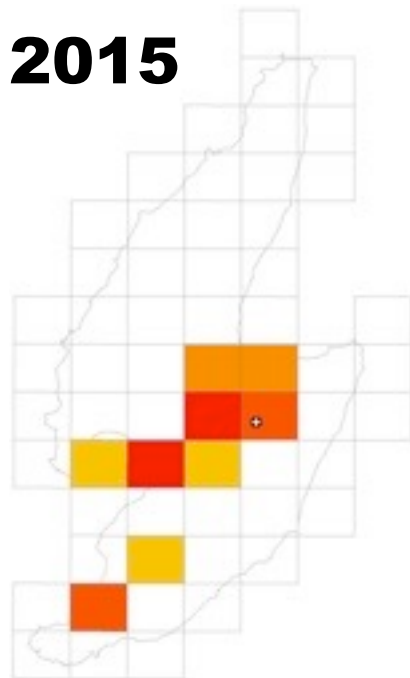


- 個体数と生存率の関係なし
  - 繁殖成功率も、依然、上昇傾向
- ⇒ 密度効果は検出できない

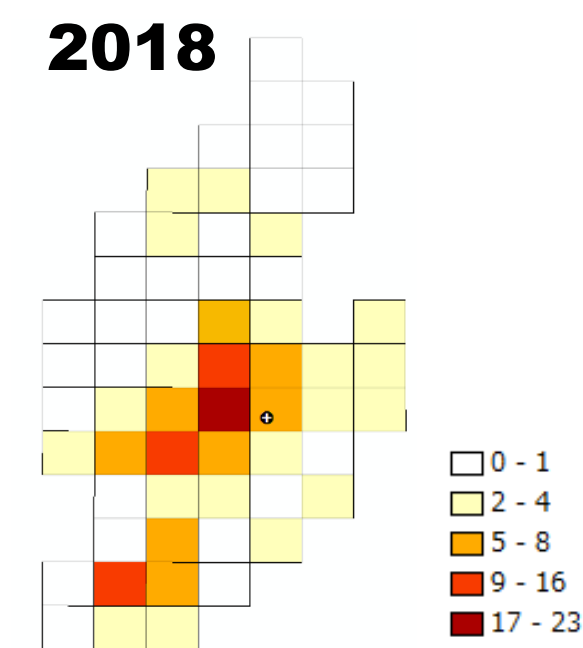
2012



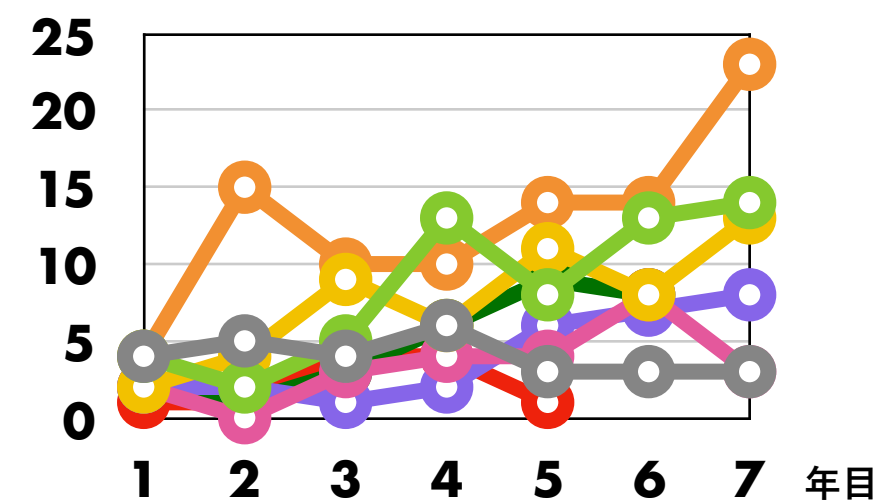
2015



2018



5kmメッシュ毎の営巣数

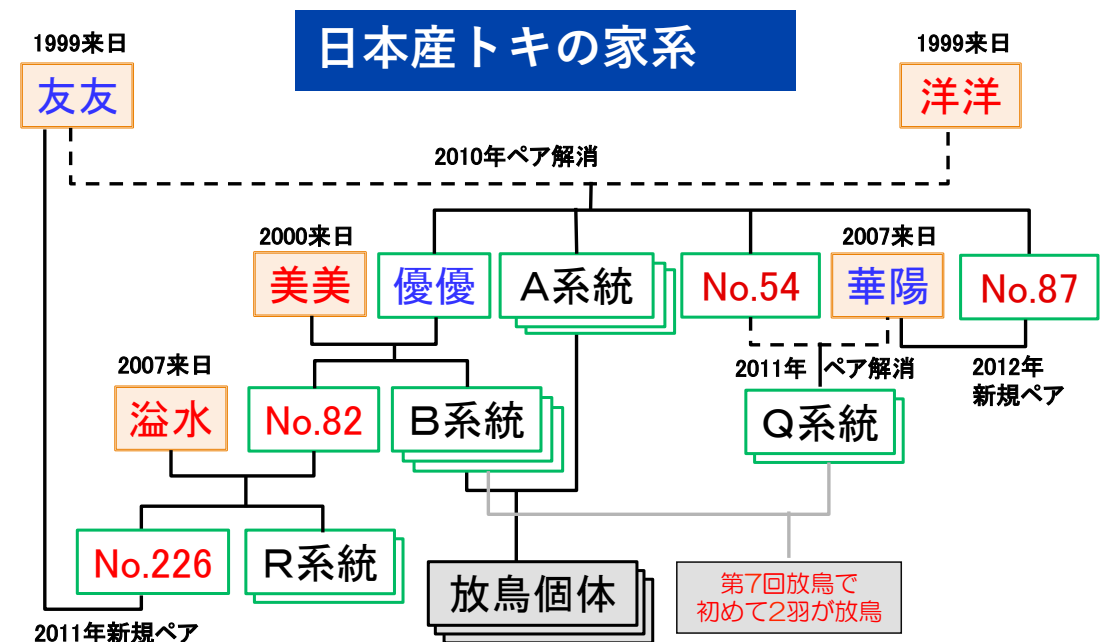


⇒ 営巣ハビタットモデル

# 放鳥個体群の遺伝学的な問題

- ・ 5羽の始祖個体から始まった**近交集団**である
- ・ **未標識個体の増加**（1月末日現在、84羽）
- ・ 既存のMSマーカーでは、親子判定が困難
- ・ 近交弱勢の影響は不明

野外個体群の遺伝的管理のためには、野外の遺伝的多様性の変化をモニタリングする手法の確立が必要。



## サブ② 野外個体群の遺伝的多様性を把握し、集団構造を査定できる遺伝子マーカーの開発

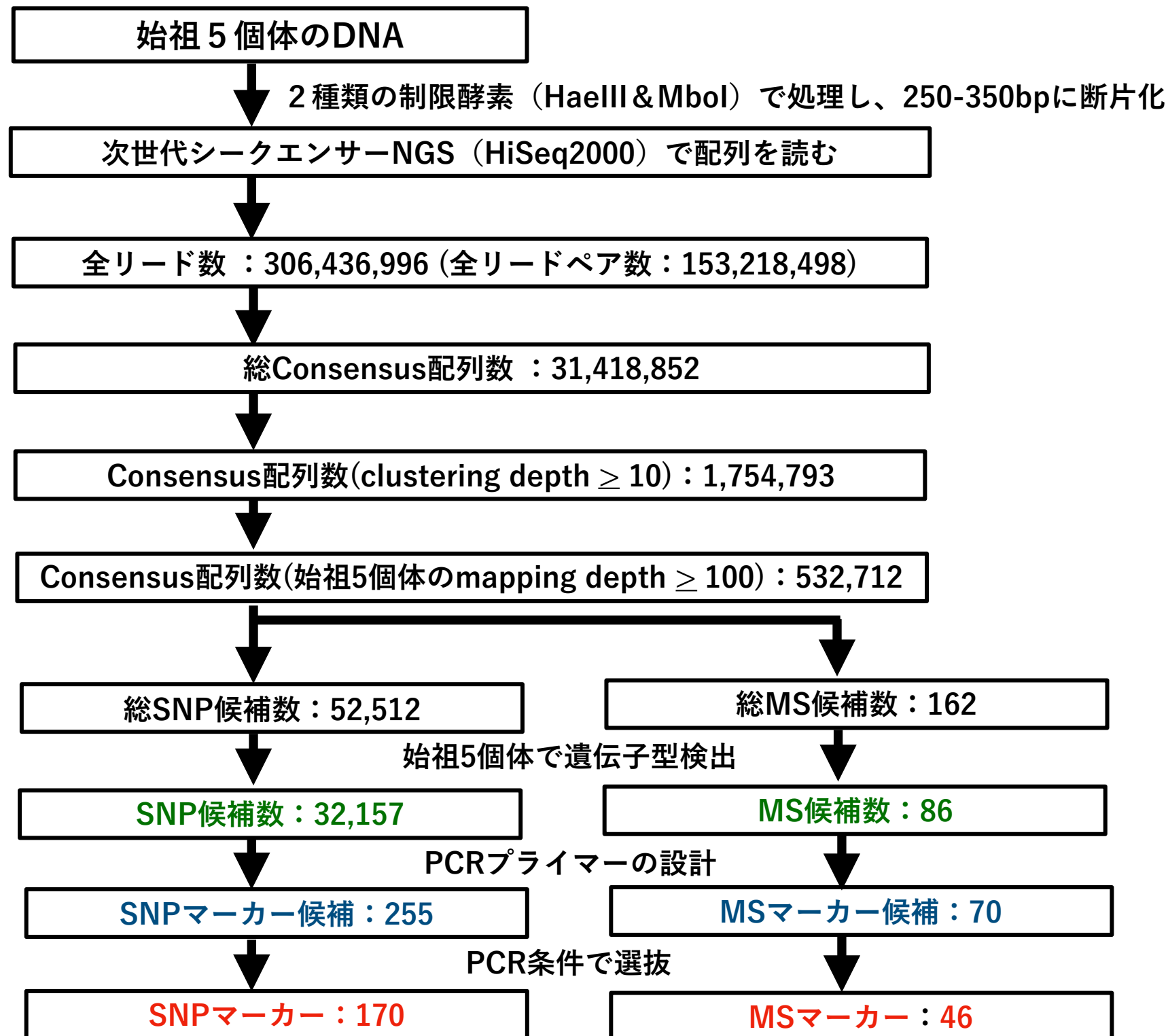
マーカー設計目標：トキの全ゲノム（1.4Gbps）に均等に300個、約0.5Mbp間隔で配置

| マーカー | A:洋洋 | B:友友 | C:美美 | D:華陽 | E:溢水 | 3アリル以上 | 合計  |
|------|------|------|------|------|------|--------|-----|
| SNP  | 29   | 21   | 25   | 20   | 22   | 53     | 170 |
| MS   | 2    | 1    | 3    | 3    | 0    | 37     | 46  |

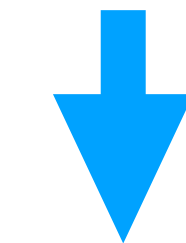
# 家系推定遺伝子マーカーの開発(サブ②)

①個体間の血縁関係を推定するのに必要な遺伝子マーカーの開発

②遺伝子マーカーのタイピング  
手法の確立



最終的に216個の遺  
伝子マーカーを開発



multi40

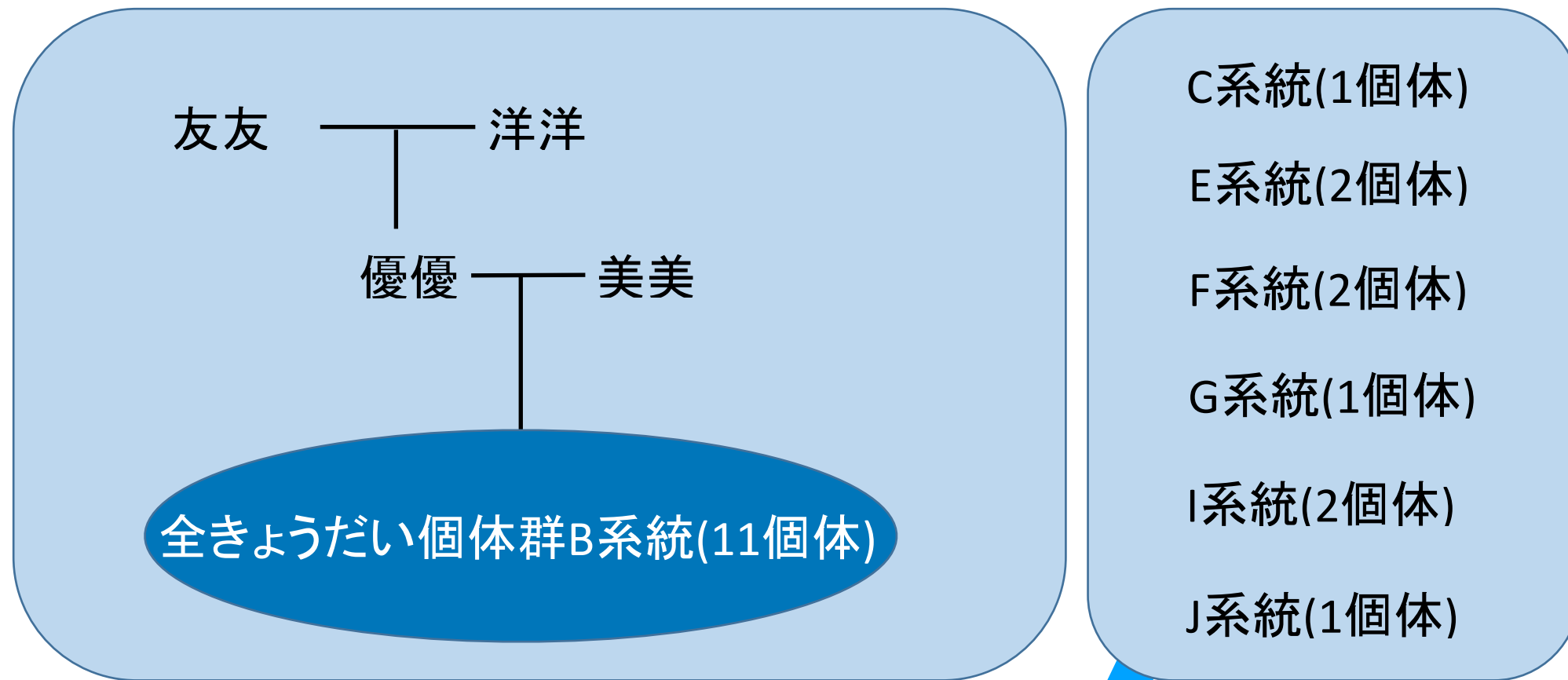
36~50マーカー混合×5反応系



このうち172個を有用多  
型マーカーとして選抜

### ③開発したマーカーによる家系推定の妥当性の確認

教師家系20個体による有用多型マーカー候補の有効性の検討



172マーカーによる25個体のタイピング

少なくとも1つのマーカーで遺伝子型が異なる

→個体識別が可能

172マーカー全てが有用

→家系推定に利用可能

# ゲノム上のマッピング（BLAST解析）による 有用マーカーの絞り込み

| タイピング<br>可能性 | Depthに基づく<br>タイピング | マーカー数 | ゲノムの位置による検討<br>有用マーカー数 |           | ゲノム間隔の検討<br>(0.5Mbps以上) |
|--------------|--------------------|-------|------------------------|-----------|-------------------------|
|              |                    |       | ○(有用)                  | ×(有用ではない) |                         |
| 可能           | 一多型座位              | 112   | 112                    | 0         | 99                      |
|              | 二多型座位              | 60    | 60                     | 0         | 52                      |
| 不可能          | 多型なし               | 6     | —                      | —         | —                       |
|              | 一座位あたり三ア<br>リル以上   | 24    | —                      | —         | —                       |
|              | 低増幅                | 14    | —                      | —         | —                       |
|              | 計                  | 216   | 172                    | 0         | 151                     |

開発した**172マーカー**により**個体識別／家系推定が可能**（うち**151個**が設計目標に合致）

未標識個体の巢内ヒナに足輪をつける際に、遺伝子サンプル（羽毛等）を採取すること  
とで、**未標識個体の家系解析が可能となる**

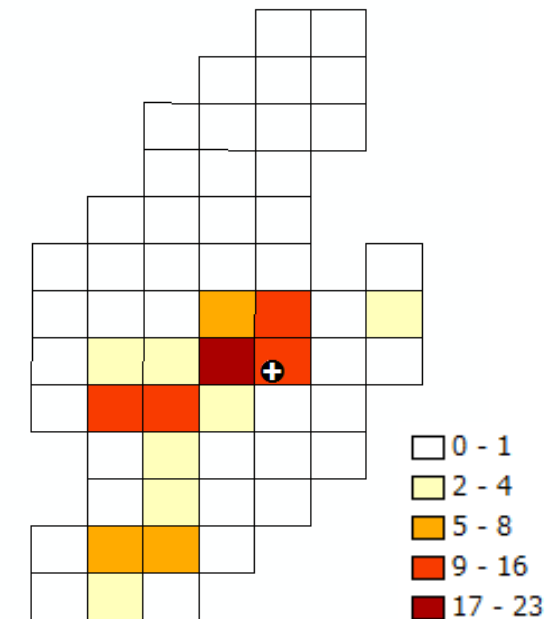
→**再導入集団の家系構造（近交度）／遺伝的多様性の把握が可能**

→**近交弱勢が生じたときに、人為的な介入が可能となる**

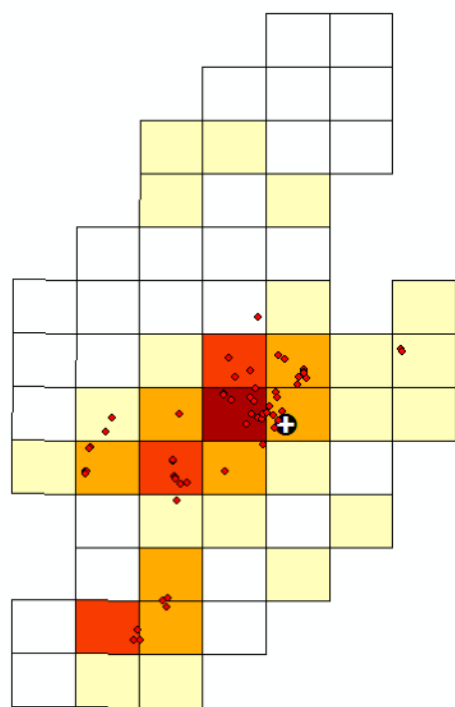
# 宮巢ハビタットモデルによる生息個体数予測

## 宮巢数に影響を与える要因 (GLM)

| 変数            | 効果    | GLM         |
|---------------|-------|-------------|
| 放鳥場所からの距離 (m) | ( - ) | $P < 0.001$ |
| 降水量 (mm)      | ( - ) | $P < 0.01$  |
| 竹林 (ha)       | ( - ) | $P < 0.05$  |
| 市街地 (ha)      | ( - ) | $P < 0.05$  |
| 水田 (ha)       | ( + ) | $P < 0.001$ |
| 畑 (ha)        | ( + ) | $P < 0.05$  |
| 果樹園 (ha)      | ( + ) | $P < 0.01$  |

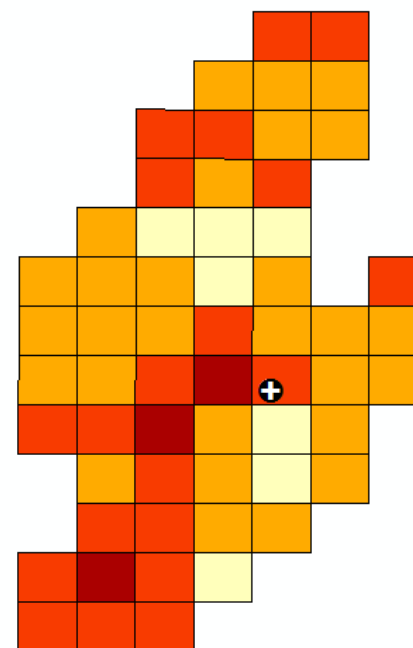


5kmメッシュ最大宮巢数



ハビタットモデル  
110つがい  
～340羽

放鳥場所からの距離  
||  
放鳥場所からの分散

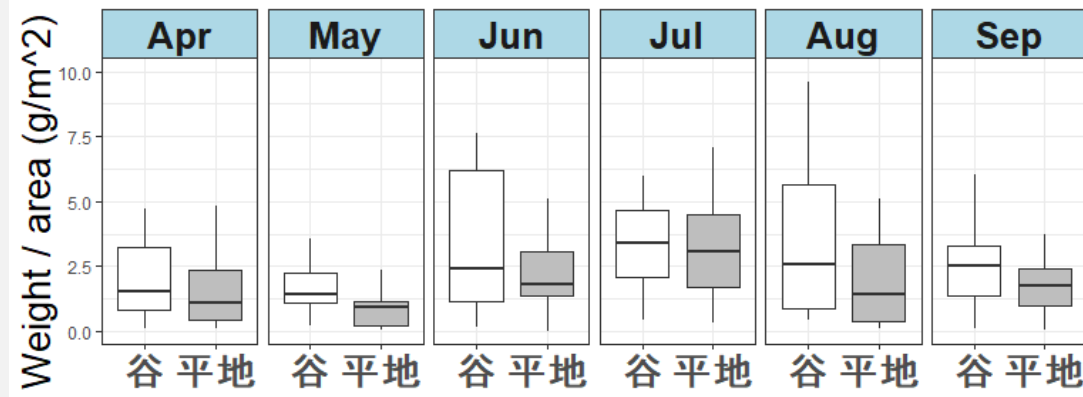


距離効果を外したモデル  
327～442つがい  
1006～1360羽

現在の環境が維持されれば、  
**平均1006～1360羽**  
のトキが生息可能と考えられる

# 景観構造がドジョウの時空間動態に及ぼす影響 (サブ③)

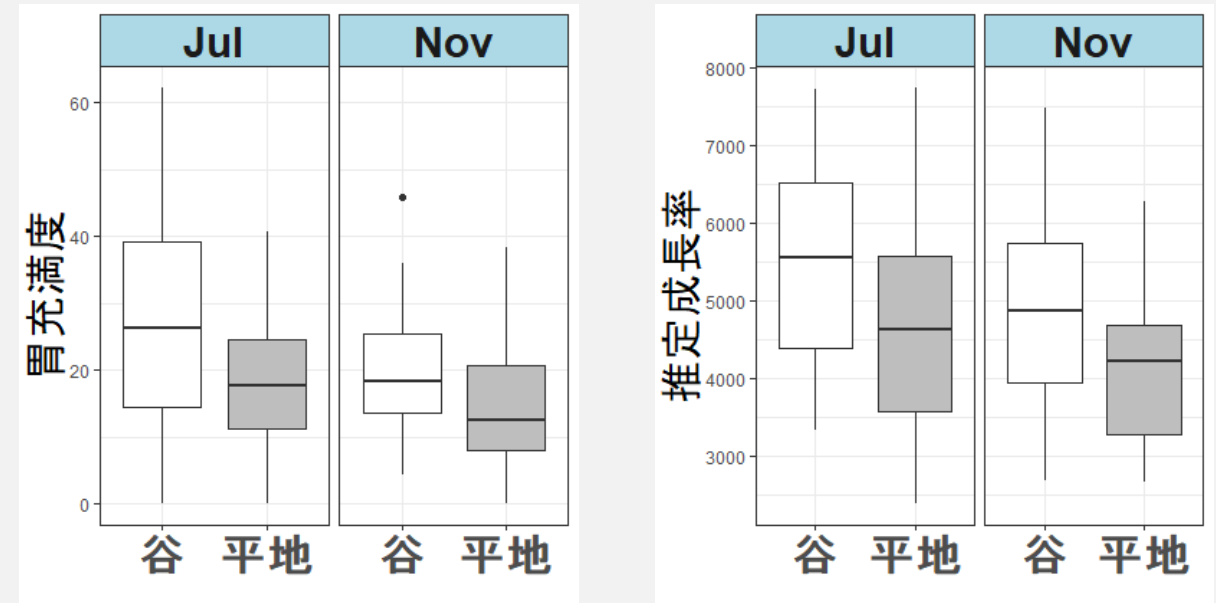
## 水面面積あたりの現存量の推移



| Variables | Estimate | SE   | P       |
|-----------|----------|------|---------|
| Intercept | 3.02     | 0.40 | < 0.001 |
| 景観 (平地)   | -0.87    | 0.38 | 0.021   |

- ✓ 単位水面面積あたりの**現存量**は  
**谷津で約40%高い**

## 胃充満度と推定成長率



- ✓ 谷津では**胃充満度が高く** (GLM,  $p < 0.05$ )、  
**成長率が高い** (GLM,  $p < 0.05$ )

国仲平野における構成

平地：約54km<sup>2</sup>

谷津：約21km<sup>2</sup>



- ✓ 谷津では斜面や樹林からの供給により餌資源が多く、ドジョウの成長が高まる
- ✓ 谷津では高い成長率により面積当たりの生産性が高く、**国仲全体ではドジョウの約36%を谷津が生産**

# 農法の違いが土壌動物に与える影響 (サブ③)

## 背景

サブテーマ④ 聞き取り調査結果  
10集落を対象

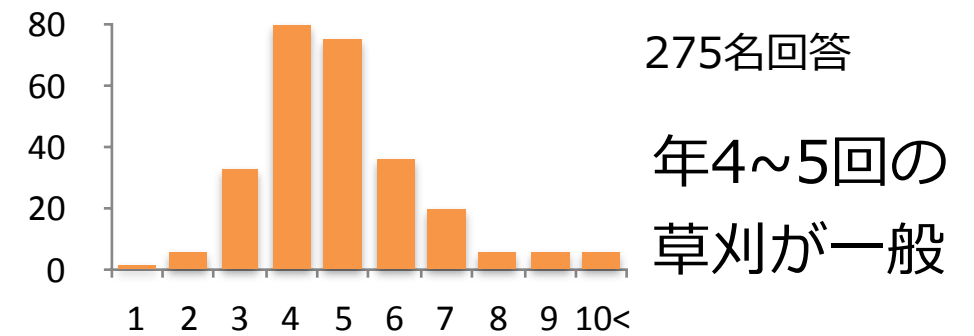
高齢化の問題

高齢化にともない

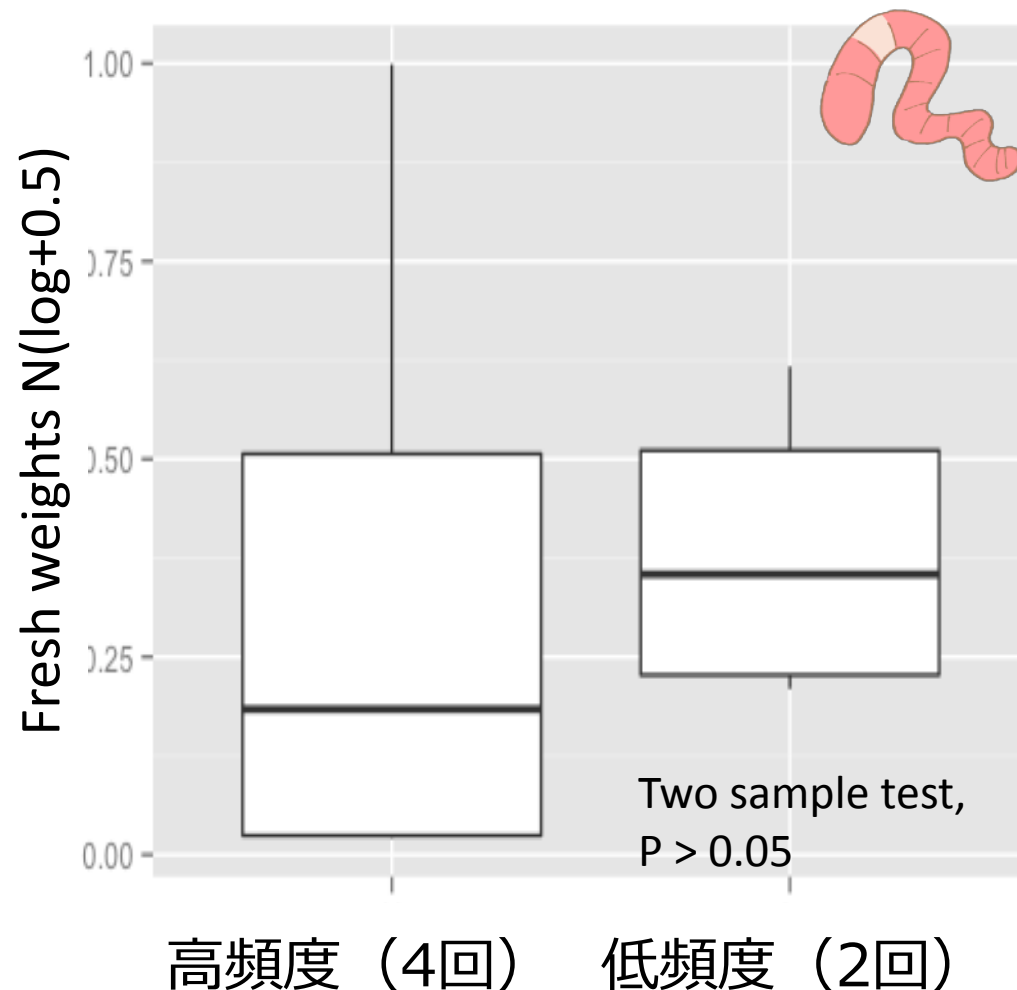
草刈にかかる労力への不安



サブテーマ④ アンケート調査結果

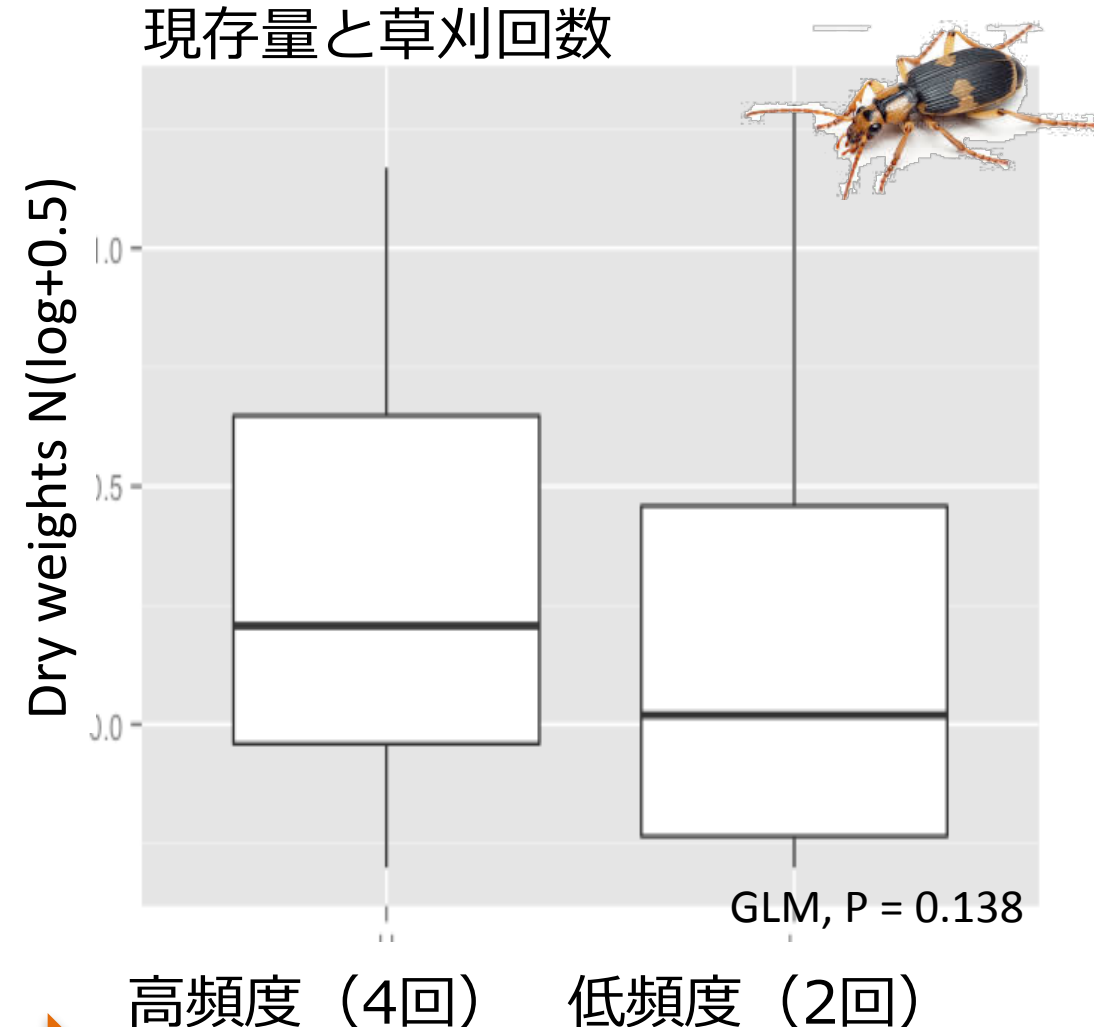


ミミズの現存量と草刈回数



草刈回数で生物量に差はみられない

ゴミムシ等地表徘徊性動物の  
現存量と草刈回数



草刈頻度を減らす

労力の低減につながる

提案

# 農法の違いが土壌動物に与える影響 (サブ③)

## 背景

サブテーマ④ 聞き取り調査結果

10集落を対象

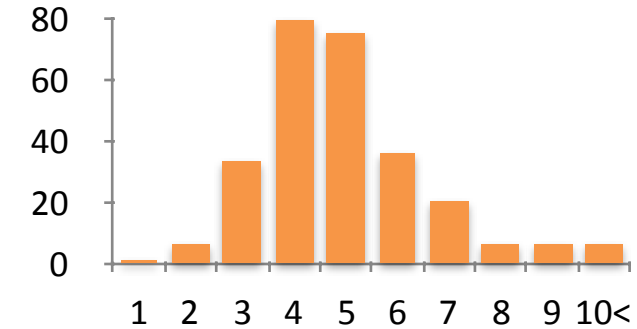
高齢化の問題

高齢化にともない

草刈にかかる労力への不安

高頻度の草刈  
刈草除去

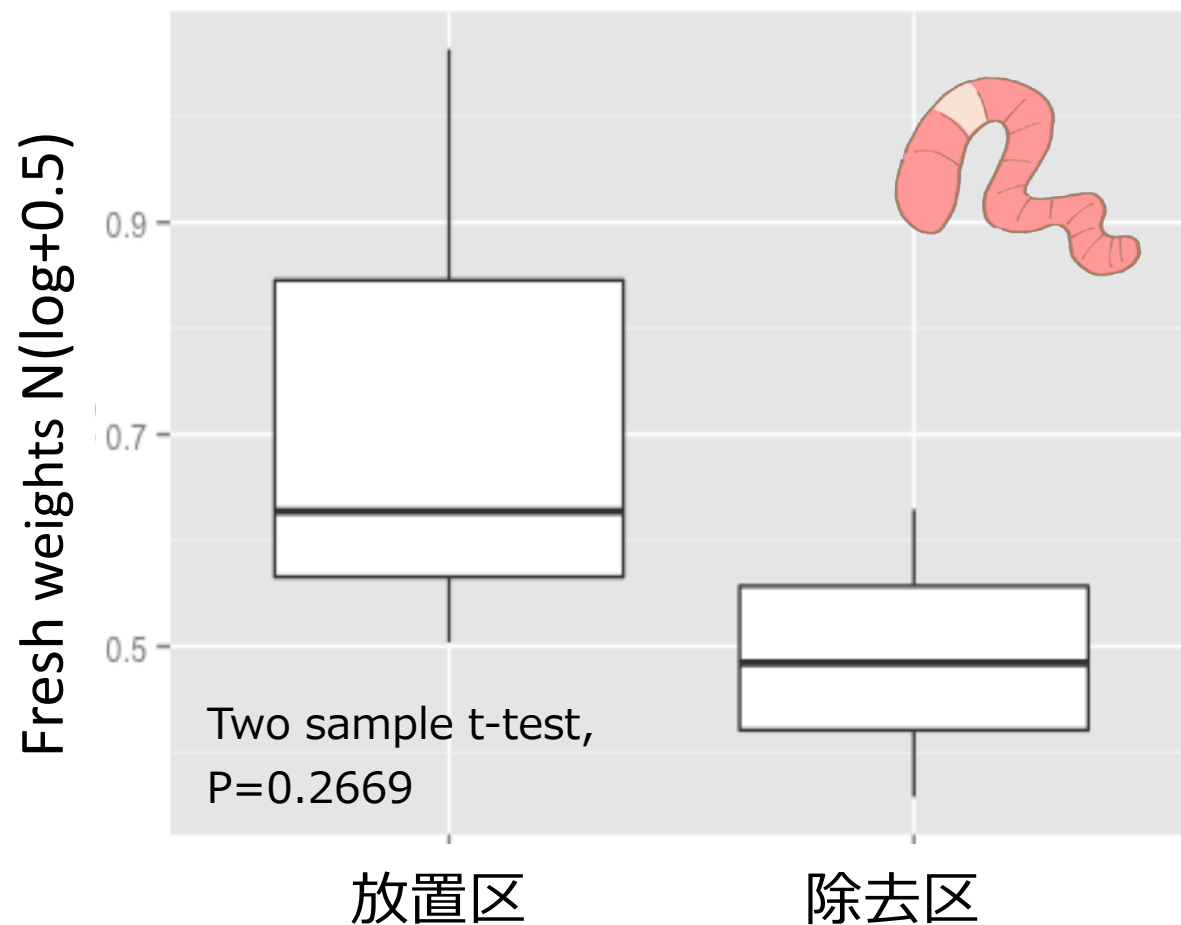
## サブテーマ④ アンケート調査結果



275名回答

年4~5回の  
草刈が一般

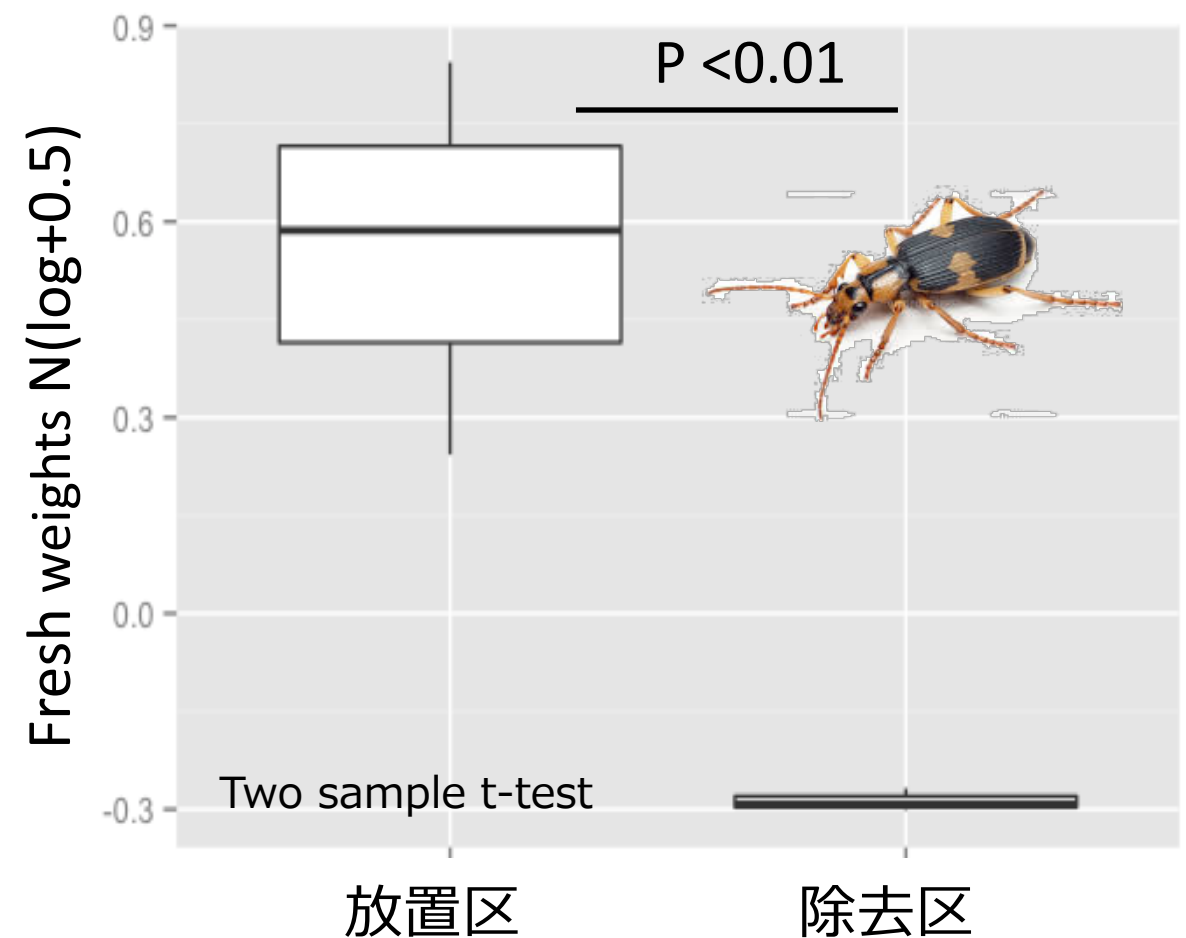
## 地中性土壌動物現存量と刈草



刈草を除去すると生物量は減少する

提案

## 表層性土壌動物現存量と刈草



刈草を放置する

労力の低減につながる

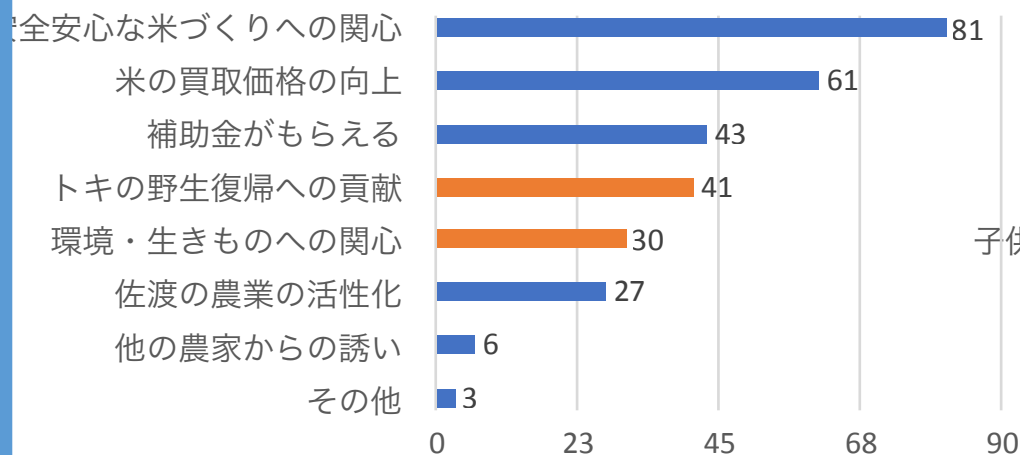
# 環境保全型農業従事者のインタレスト調査（サブ④）

佐渡市「朱鷺と暮らす郷づくり認証制度」H30年度参加農家（419名）に配布、回答301名（回収率72%）

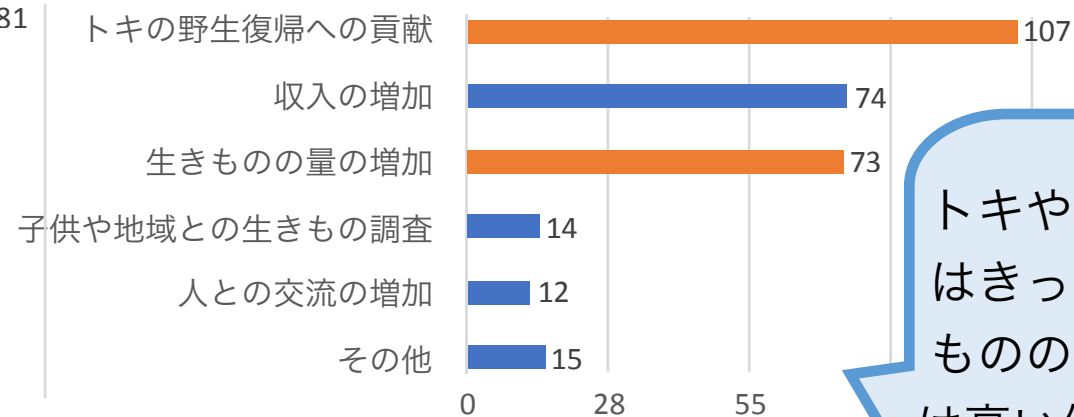
## 環境保全農業の効果

### ① トキ野生復帰や生きものへの関心増大

#### きっかけ

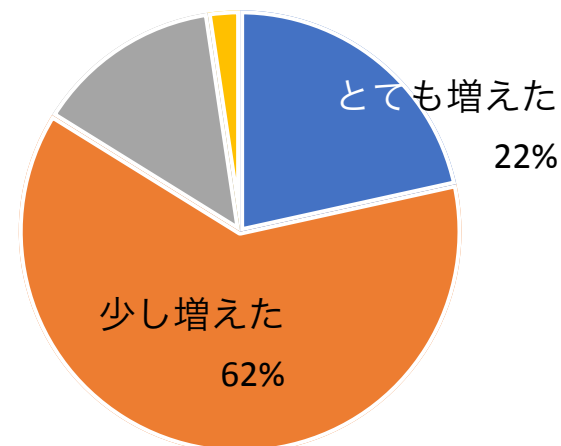


#### やりがい



トキや生きものへの関心はきっかけとしては低いものの、やりがいとしては高い位置を占める。

### ② 生きもの育む農法の効果の実感増大



生きもの育む農法に従事することで80%以上の人々が生物量が増えたという実感をもつ。

## 課題

代表的な2つの課題

① トキの苗踏みによる影響

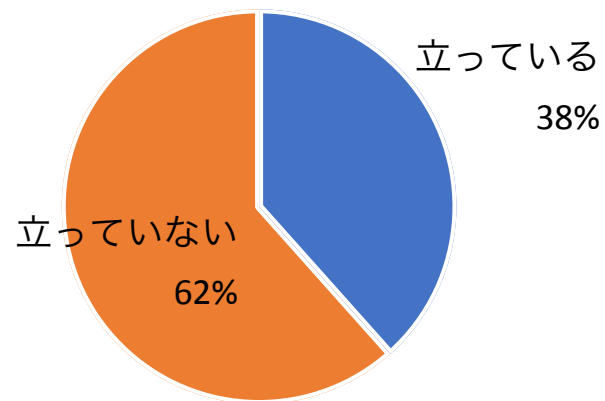
② 後継者の不足による農地の減少

# 環境保全型農業従事者のインタレスト調査 (サブ④)

## 課題① 後継者の不足

### 後継者の目処

n=283 未回答7  
個人農家対象



### 耕作地別の後継・委託の目処

| 耕作地の種類 | 目処あり | 目処なし | 未回答 | なしの割合 |
|--------|------|------|-----|-------|
| 平場     | 61   | 73   | 1   | 54%   |
| 緩傾斜    | 13   | 31   | 2   | 67%   |
| 急傾斜    | 3    | 18   |     | 86%   |

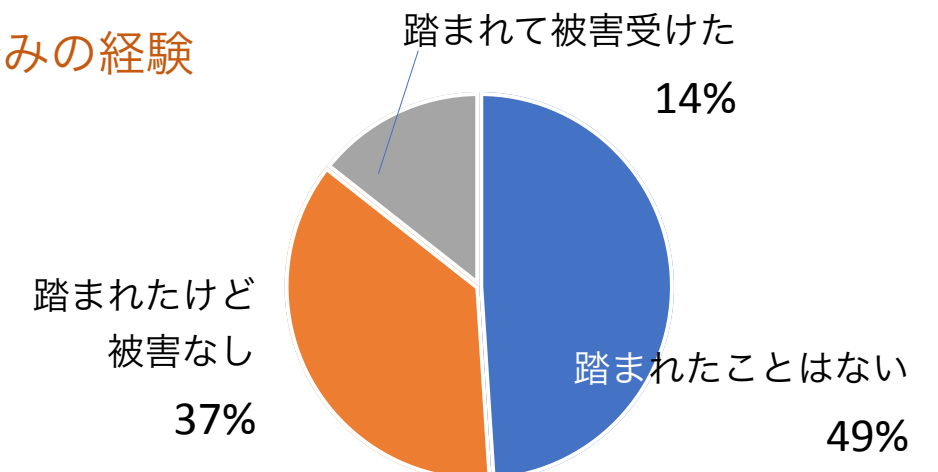
農地の斜度と後継の目処の有無に相関  
平場でも5割以上が後継の目処なし  
→ 法人への委託増加が推測できる

提案

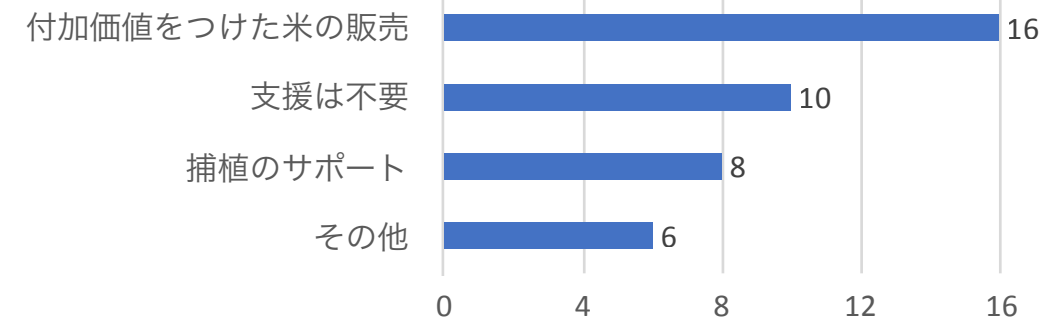
今後の農業の展開として法人が高い関心を示している飼料用米やホールクroppサイレージの環境保全型栽培法の開発

## 課題② 苗踏みの影響

### トキの苗踏みの経験



### 必要な対策

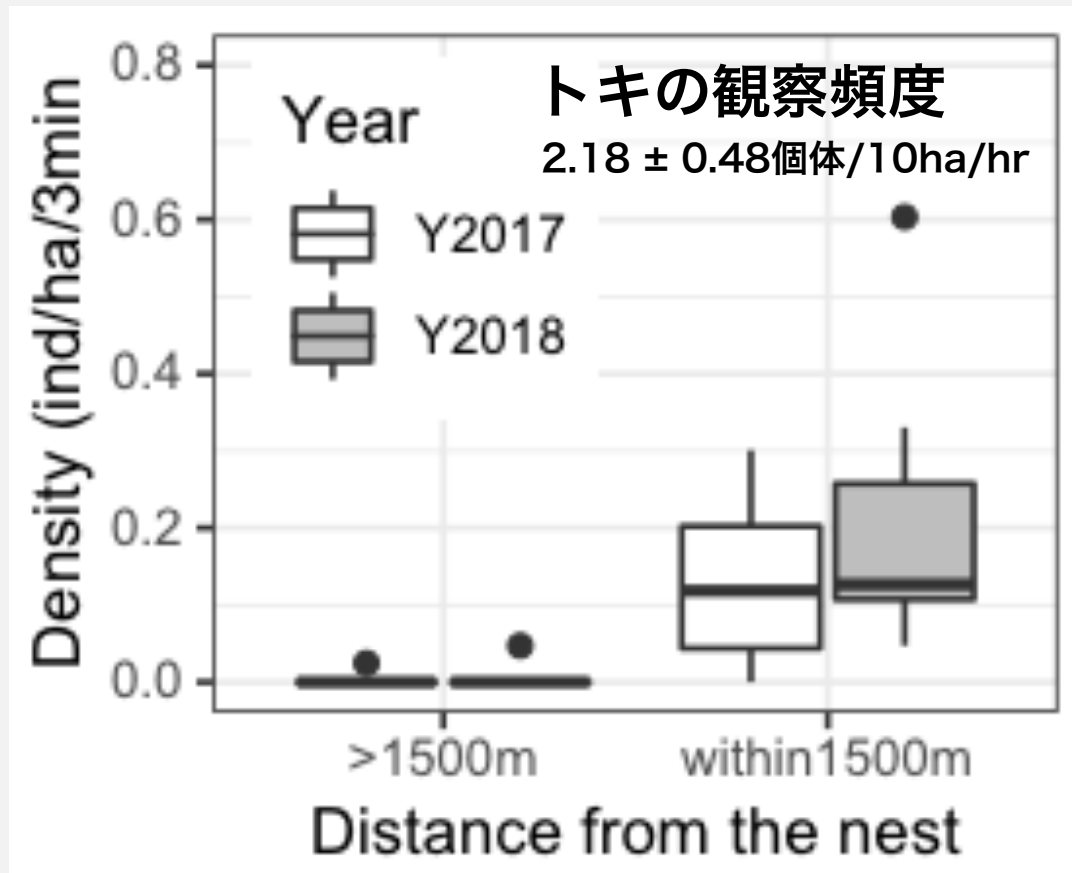


農家が訴える影響の規模、対応策は多様  
苗踏みがトキによるものか、収量に  
どれほど影響を及ぼすか情報不足

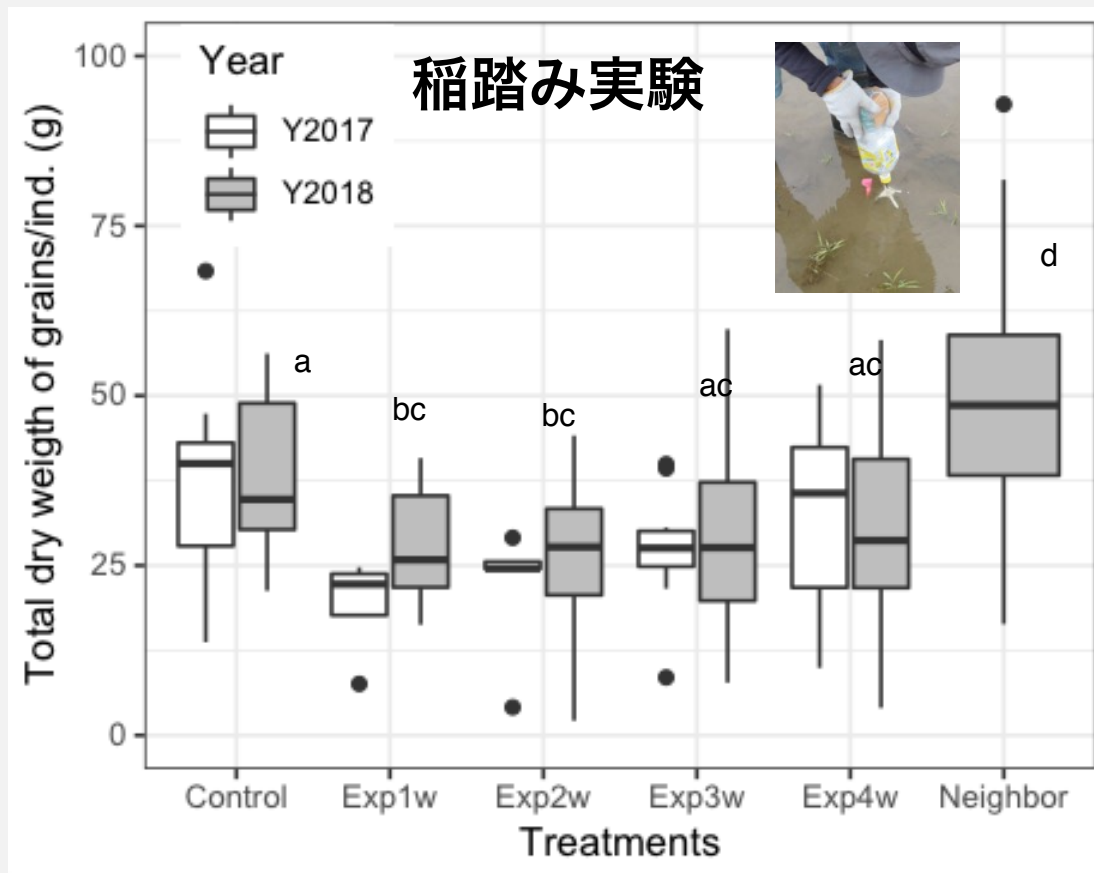
提案

- 参加型調査・社会実験の企画と実施
- ① 苗踏み影響状況調査
  - ② 補植をしない場合の収量影響調査

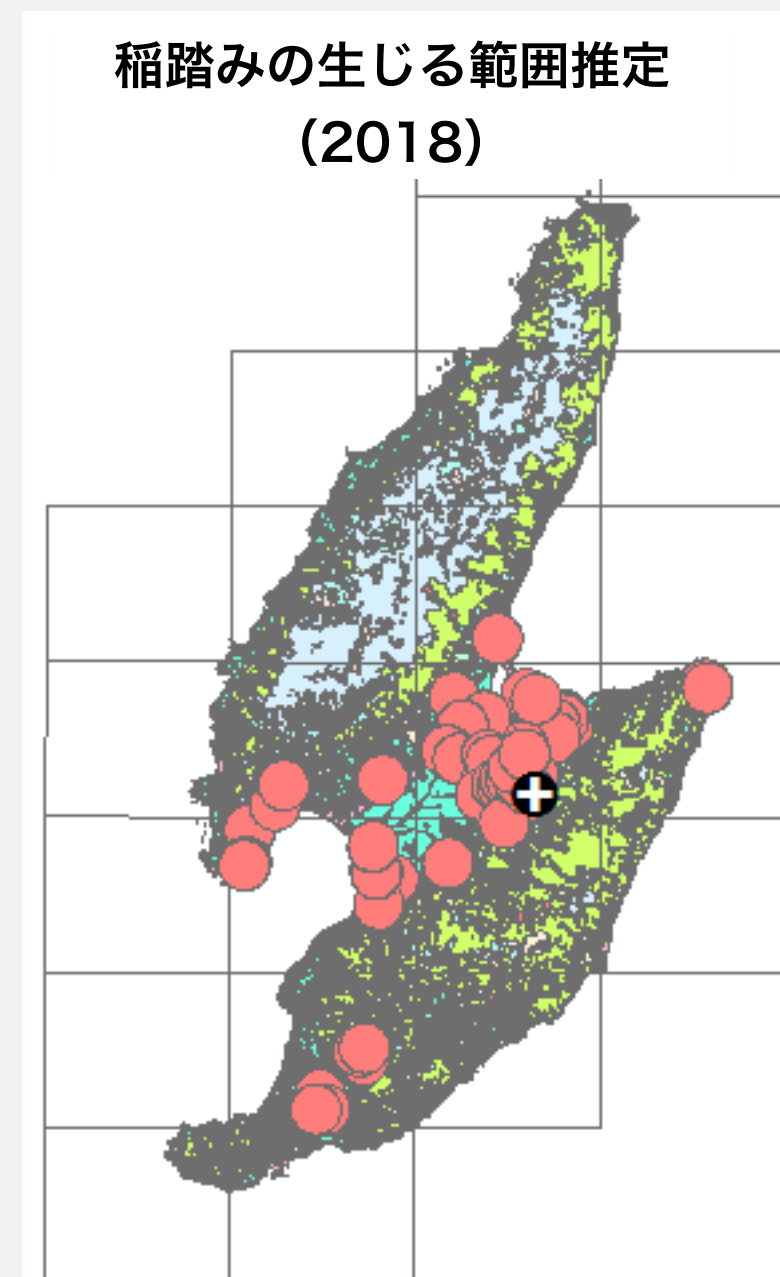
# イネ踏みの被害対策は？ (サブ①)



- ★ 巣から1500m以内の出現頻度が高い
- ★ 田植え後2週目までの踏みつけは、生存率、収量ともに影響が大きい
- ★ 枯死株の隣接株の収量は増加する (約1.3倍)



- ❖ ハザードマップ作成
- ❖ 低頻度の稲踏みは影響ない
- ❖ 高頻度の場合、田植えから2週間を防ぐ



# トキとの共生に向けたロングタームミニмумマネージメントの提案

## トキの再導入個体群管理

- 1) 個体群パラメータ（生存率、出生率）に必要な最低限のモニタリング体制
- 2) 開発したマーカーによる遺伝的モニタリング

## 佐渡島の現状

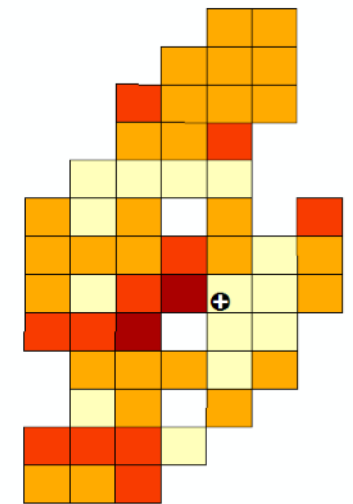
2008 → 2018 .....→ 2045  
人口減少： 6.2万人 → 5.4万人 .....→ 2.5万人  
水田面積： 5913ha → 4988ha .....→ ?

サブ④ 農業後継者不足：耕作放棄地増大の可能性 → 農業法人への委託

## 生息可能個体数の減少予測（サブ①）

|        | 現在     | 急傾斜地放棄 | 中傾斜地放棄 | 緩傾斜地   |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 平均勾配   | —      | 15度＞   | 10度＞   | 5度＞    |
| 推定つがい数 | 442つがい | 413つがい | 374つがい | 333つがい |
| 生息可能数  | 1360羽  | 1270羽  | 1150羽  | 1024羽  |
| 減少率    | 100%   | 93.5%  | 84.4%  | 24.6%  |

サブ③ 谷津の放棄 → ドジョウの再生産力の36%が消失



平均勾配5度以上の耕作地放棄

## トキの稲踏み対策（サブ①&④）

- 1) トキの稲踏み影響の周知、
- 2) ハザードマップ作成
- 3) 2) にもとづいて田植え後2週間を集中的に防衛

## 労力を抑えた畦畔管理方法（サブ③&④）

- 1) 草刈り頻度の減少
- 2) 刈り草を放置

(1)研究成果を用いた、日本国民との科学・科学技術対話の活動

①小・中・高等学校の理科授業での特別授業

| 実施日     | 学校名等            | 所在地 | 説明した「研究成果」、「実生活との関連」等                                   |
|---------|-----------------|-----|---------------------------------------------------------|
| H28.9.5 | 五十嵐小学校<br>1～6年生 | 新潟県 | ・五十嵐小学校ウルトラアカデミーツアー<br>・佐渡島のトキの野生復帰について50名x3回にわけて授業をした。 |

他2件

②地域の科学講座・市民講座での研究成果の講演

| 実施日       | 主催者名           | 講座名           | 開催地 | 参加者数 | 講演した「研究成果」、「参加者との対話の結果」等                                                     |
|-----------|----------------|---------------|-----|------|------------------------------------------------------------------------------|
| H28.11.13 | 日本学術会議行動生物学分科会 | 行動生物学サイエンスカフェ | 新潟市 | 25名  | ・「放鳥トキの命運をわけたもの」というタイトルで個体属性と定着成功の関係について講演した。<br>・参加者から佐渡に生息可能な個体数につき質問があった。 |
| H29.8.26  | 新潟市            | 新潟市民講座        | 新潟市 | 100名 | 「人間と動物のつながり-動物が私たちに教えてくれること-」公開講座においてトキの再導入について公演した                          |
| H30.12.4  | 佐渡市            | 佐渡市民大学講座      | 佐渡市 | 35名  | 「トキから学ぶ食物連鎖」といタイトルでトキを中心とした食物網について公演した                                       |

他5件

③大学・研究機関の一般公開での研究成果の講演

| 実施日          | 主催者名 | 講座名          | 開催地 | 参加者数 | 講演した「研究成果」、「参加者との対話の結果」等                        |
|--------------|------|--------------|-----|------|-------------------------------------------------|
| H28.10.22-30 | 新潟大学 | 新潟大学Week2016 | 新潟県 |      | ・新潟大学ライブラリーホールで「里地里山の世界」というタイトルで研究成果をポスターで解説した。 |

他3件

④その他、顔の見える双方向コミュニケーション活動を推進する活動

| 開始日     | 実施内容、活用した「研究成果」等                                  |
|---------|---------------------------------------------------|
| H28.8.5 | ・放鳥トキの生態研究の成果を活用し、佐渡市正明寺集落において集落座談会を開催し、意見交換を行った。 |

他10件

## (2)本課題の成果に係る「査読付」論文(国際誌・国内誌)の発表

| 執筆者名                    | 発行年  | 論文タイトル                                                                                                                    | ジャーナル名等                             |
|-------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Sugiyama, Yamada et al. | 2016 | Genetic analyses in the Japanese captive population of Japanese crested ibis (Nipponia nippon) using pedigree information | Journal of Poultry Science, 53, 1-7 |
| 永田他                     | 2017 | 標識再観察法によるトキNipponia nipponの個体数推定                                                                                          | 山階鳥学雑誌, 48                          |
| 満尾                      | 印刷中  | ドジョウから見た里山                                                                                                                | Wildlife Forum, 24(1)               |

他5本。

## (3)本課題の成果に係る「査読付論文に準ずる成果発表」論文の発表 又は 本の出版

| 執筆者名 | 発行年  | タイトル                                                     | ジャーナル・出版社名等       |
|------|------|----------------------------------------------------------|-------------------|
| 豊田   | 2017 | 地域環境ガバナンスの実践～トキの野生復帰から佐渡島自然再生プロジェクトへ。(桑子敏雄編)環境と生命のマネジメント | 東信堂 . Pp.136-167. |

他3件。

## (4)マスコミ発表(プレスリリース、新聞掲載、TV出演、報道機関への情報提供 等)

| 種類         | 年月      | 概要                                                     | その他特記事項(あれば) |
|------------|---------|--------------------------------------------------------|--------------|
| 新聞掲載       | 2016.12 | 「トキ野生へ、自然下に200羽:新大・永田教授に取り組みを聴く」というタイトルでトキの将来像について解説した |              |
| 新潟大学プレリリース | 2017.3  | トキ国内繁殖の「始祖」遺伝的多様性低く3タイプのみ確認                            | 新聞各社に掲載      |

他10件。

## (5)国内外における口頭発表(学会等)

| 学会等名称                                       | 年月      | 発表タイトル                                                                                    | その他特記事項(あれば) |
|---------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 2nd Int. Wildlife Reintroduction Conference | 2018.11 | Post-release survival and future population growth of re-introduced crested ibis in Japan |              |
| 「野生生物と社会」学会                                 | 2018.11 | トキと共生する地域社会の価値構造分析                                                                        |              |

他35件。