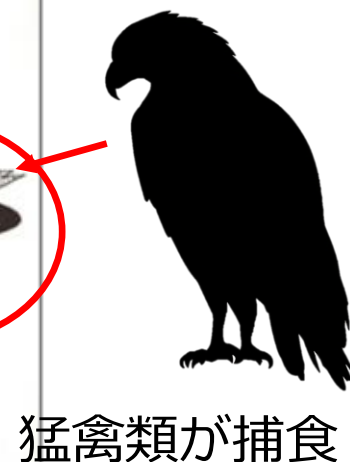
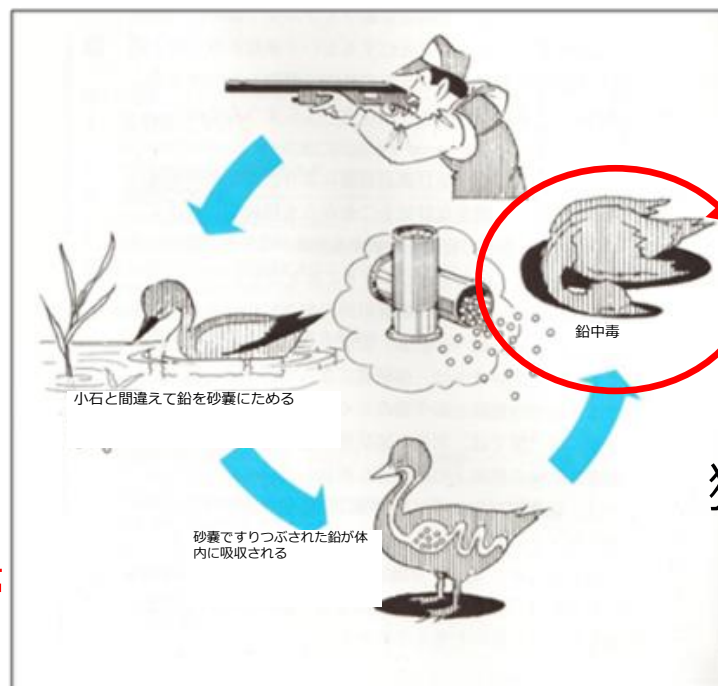


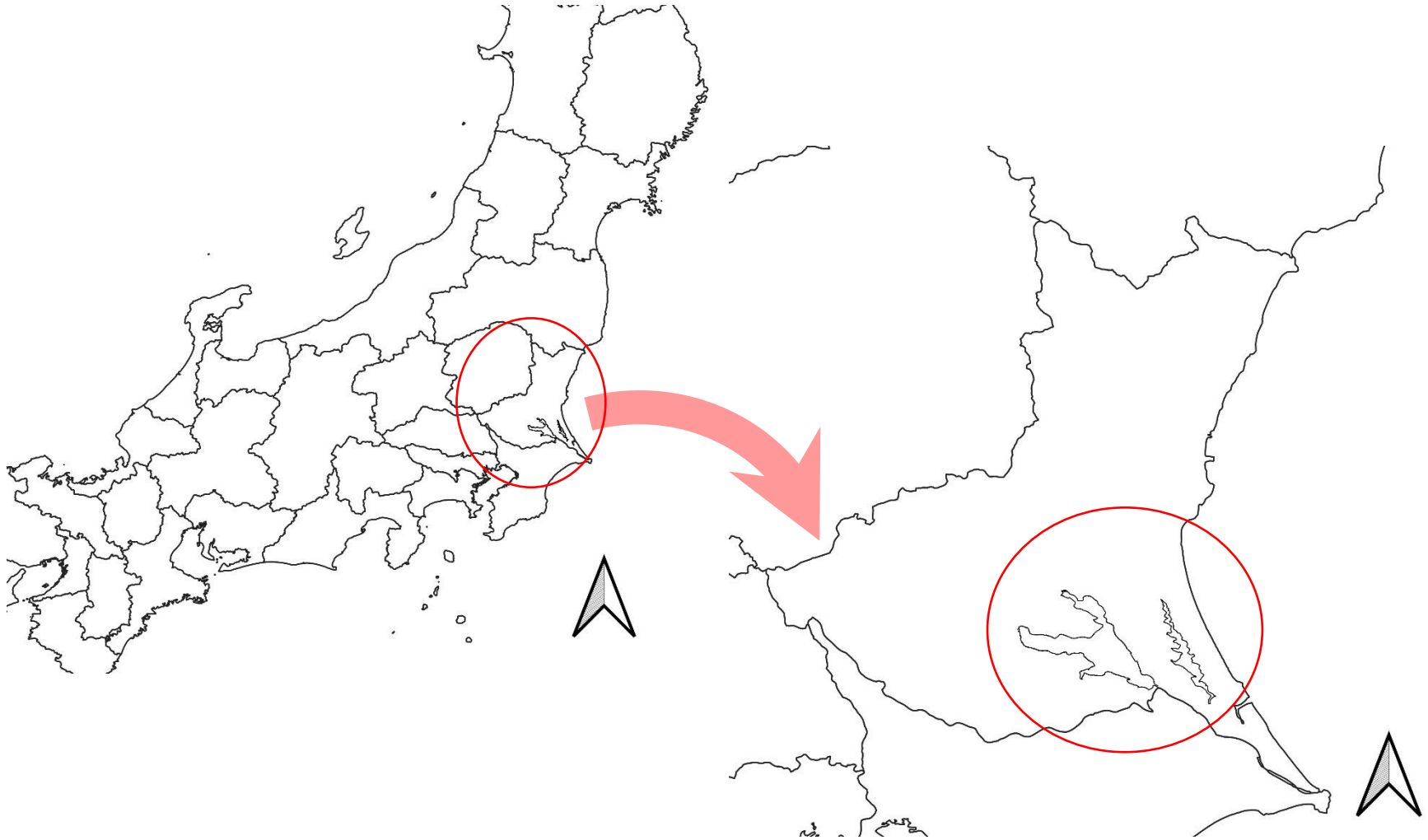
1) 水辺の水禽・猛禽の系の影響評価

資料 3

- 曝露経路：湖沼中で誤飲した鉛製銃弾（散弾）等により汚染された水鳥を猛禽類が捕食
- 評価対象：水鳥→カルガモを主としたカモ類
：カモ類（死体含む）を捕食する猛禽類→ノスリ
- 目的：鉛製銃弾等に起因する鉛汚染による猛禽類の種又は個体群への影響
- 生態学的関連性：鉛汚染された水鳥を猛禽類が捕食することで生じる生物濃縮
- 想定される管理（Impact）：
水鳥・猛禽類生息地に存在する
“湖沼及び周辺地域における鉛製銃弾（散弾）等の使用規制
- 評価方法：
個体群動態モデル作成し、
規制前後・対照群との動態を
比較（BACIデザイン）
- モデル地域（調整中）：霞ヶ浦一帯



1) モデル地域 (調整中) 霞ヶ浦位置図



1) 水辺の水禽・猛禽の系のモデル地域選定理由

鉛の影響評価について直接的な因果関係の把握が困難である。

→そのため、最も影響があると思われる地域（worst case）にて評価することが有効（R3～4年度有識者ヒアリングより）

下記の事項を総合して選定

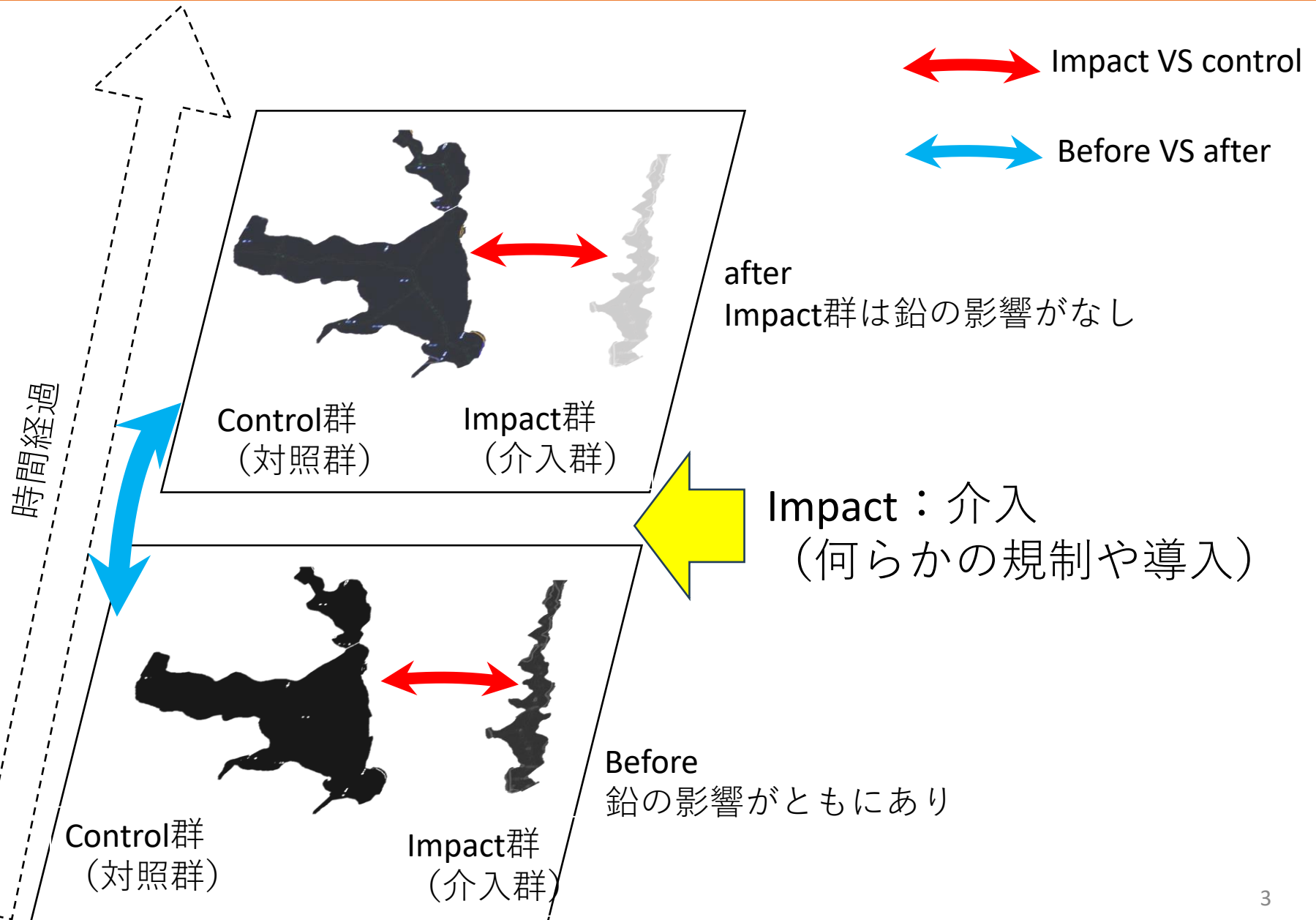
1. 鉛汚染の懸念の程度：銃猟が盛んに行われ鉛の影響が大きいと思われる地域（銃器によるカモ類の捕獲数等）
2. 対象種①カモ類（特にカルガモ）が相当数生息する
3. 既往調査データの有無：（ガンカモ類の生息調査情報等）
4. 対象種②カモ類を捕食・スカベンジングする猛禽が相当数生息する
5. サンプル収集（捕獲成否等）の期待値



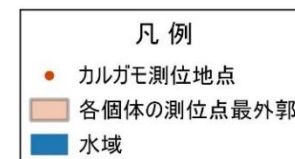
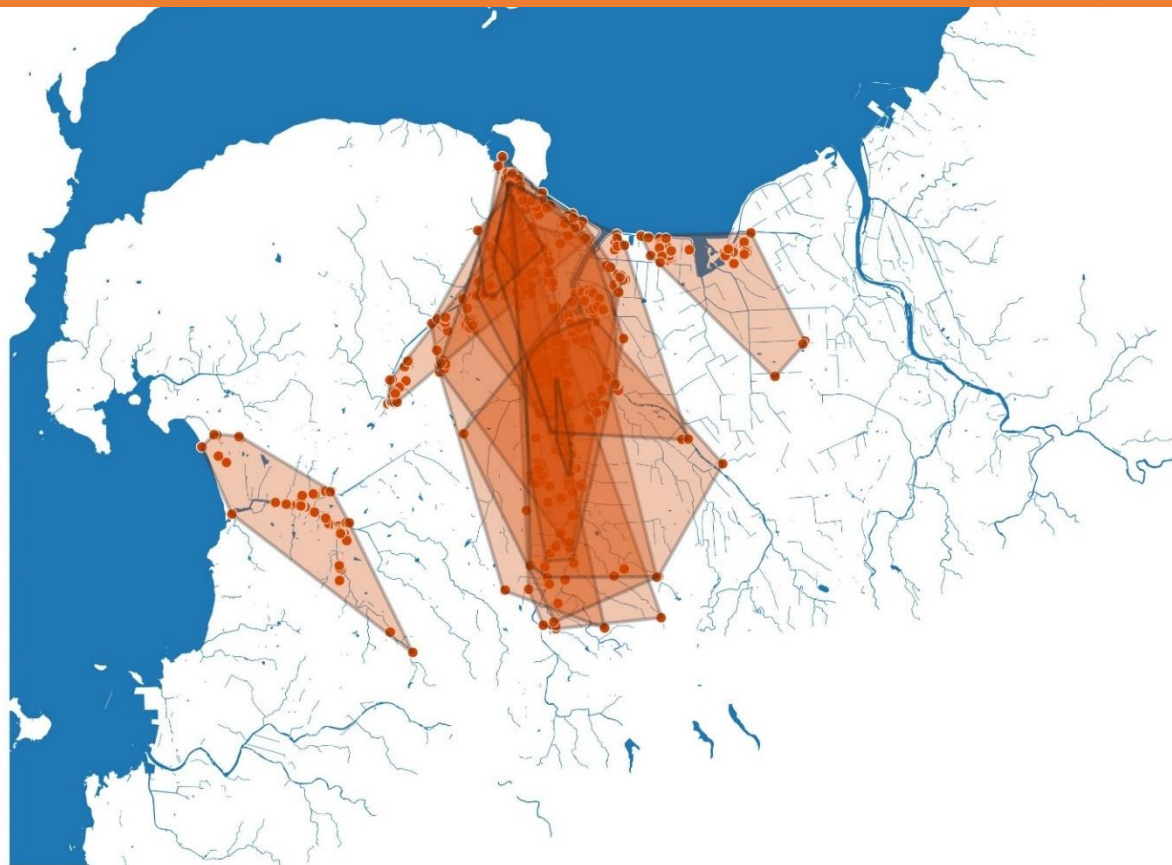
これまでの調査における鉛汚染個体の確認状況から

最終的に霞ヶ浦周辺地域をモデル地域として選定

1) BACI (Before-After-Control-Impact) デザインのイメージ



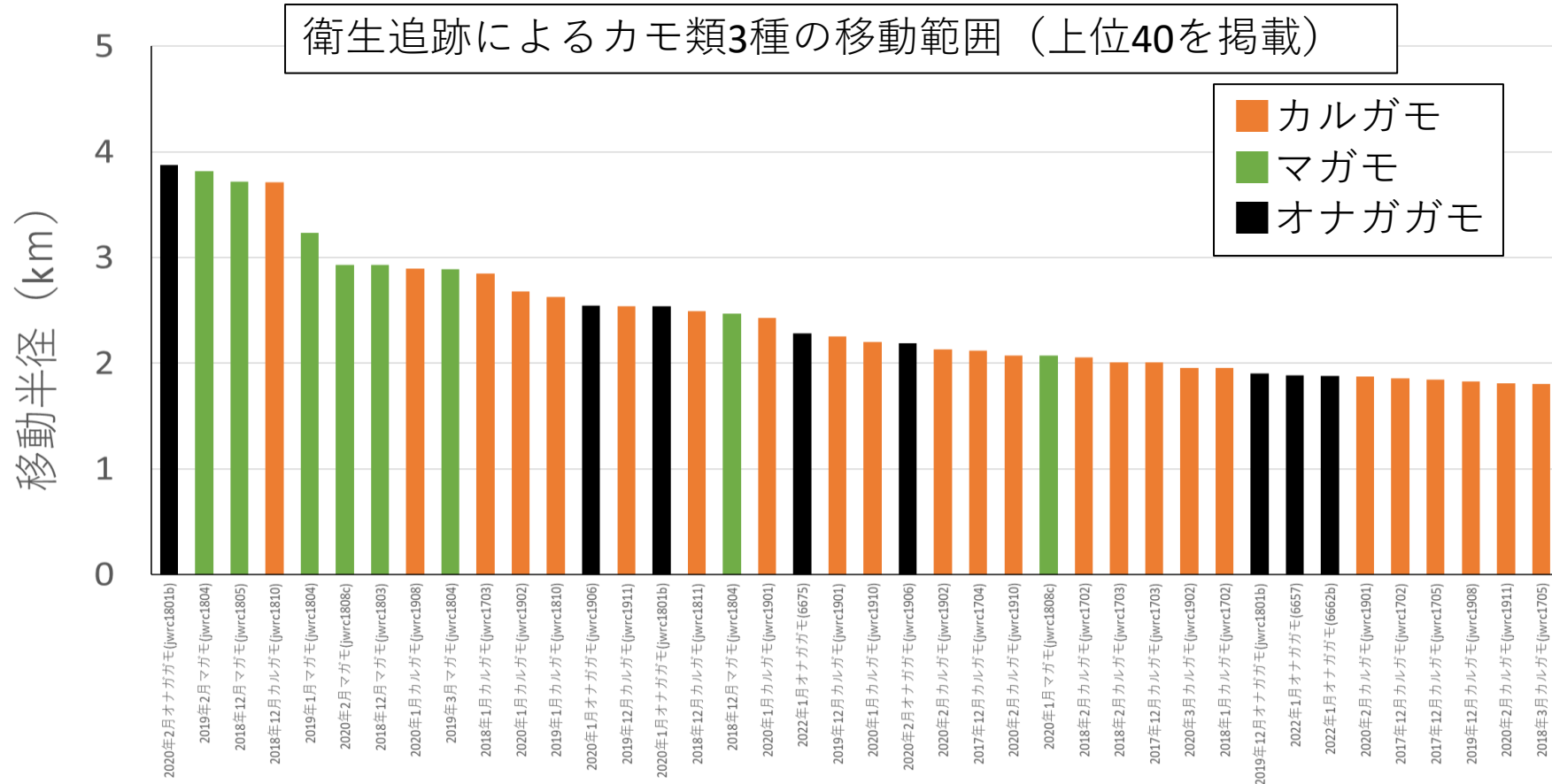
1) カルガモの移動範囲



カルガモの行動圏（2月）

環境省.2023 令和4年度渡り鳥飛来経路解明調査業務報告書 図3-2-15の一部を改変

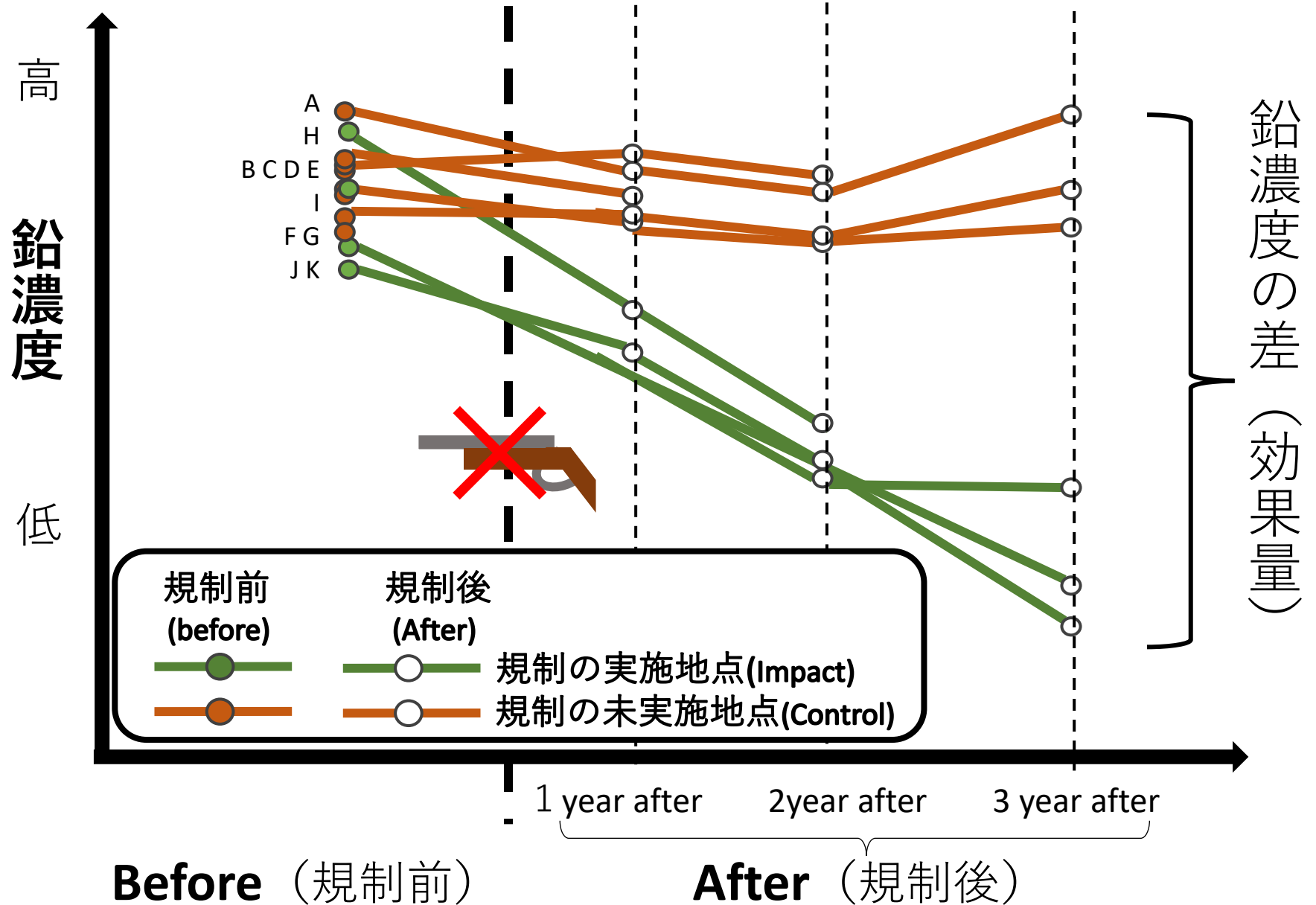
1) 越冬期におけるカモ類の移動半径



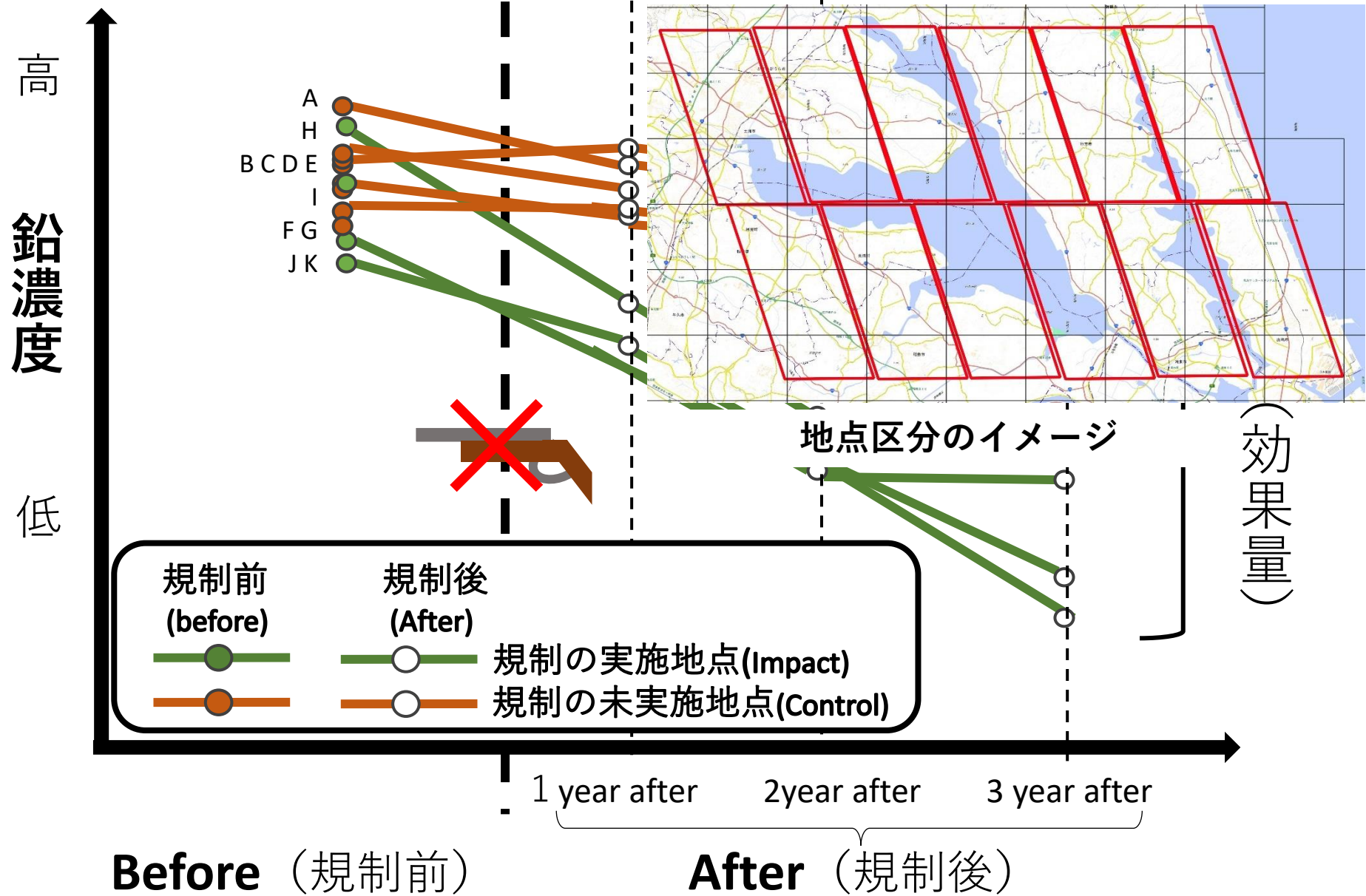
2017年から2022年まで越冬期（12月～3月）のカモ3種の行動範囲を衛生追跡により算出した。6年間計43個体の記録から移動平均半径1.5km程度：Ave ± SE = 1.53 ± 0.09 km (n=130)であった。

また、モデル地域ではねぐら（湖面）付近に餌場となる、水田や水路などが多数あり、特定の理由がない場合、長距離移動することは少ないと考えられる。

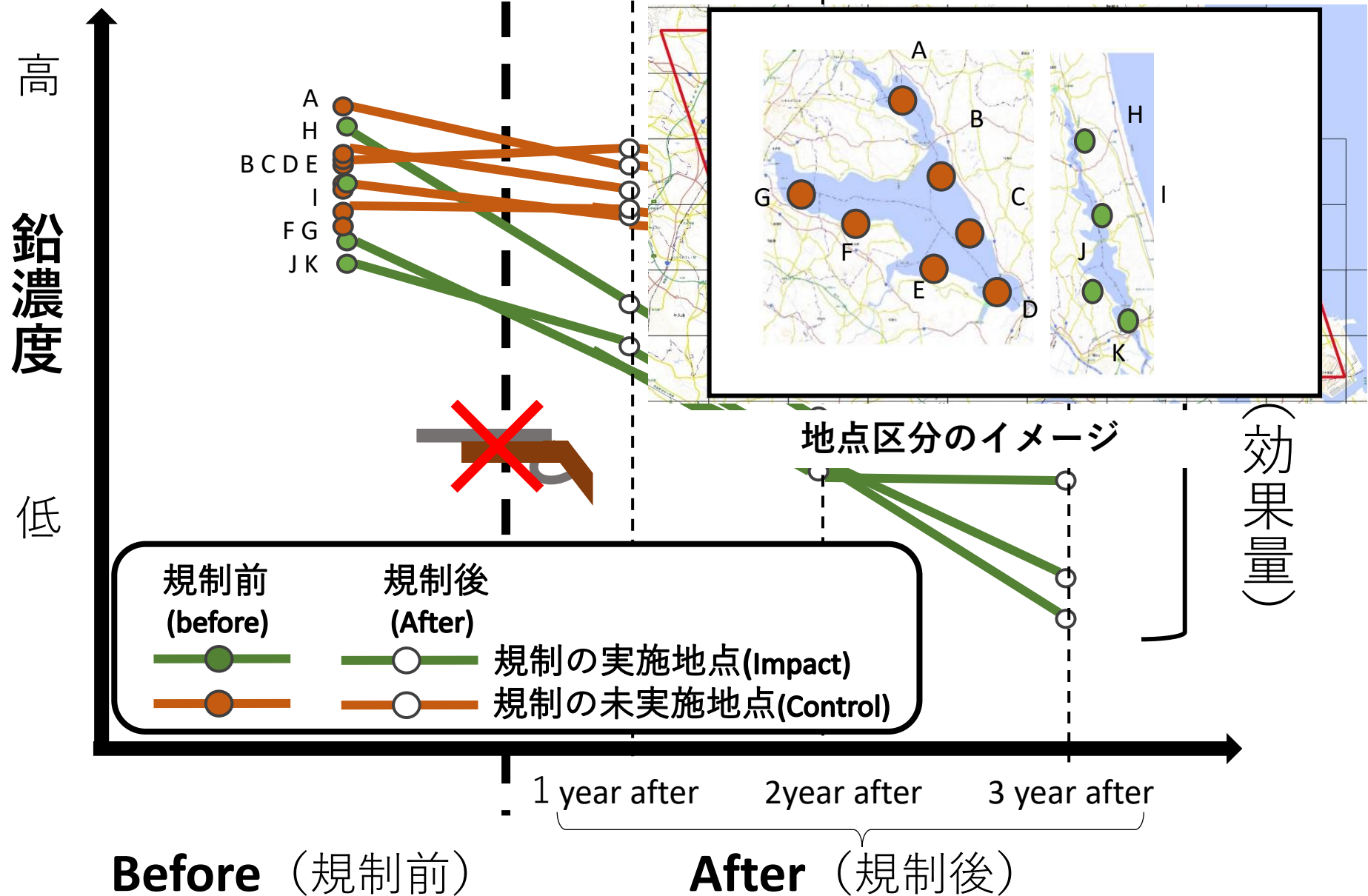
BACIデザイン (想定イメージ)



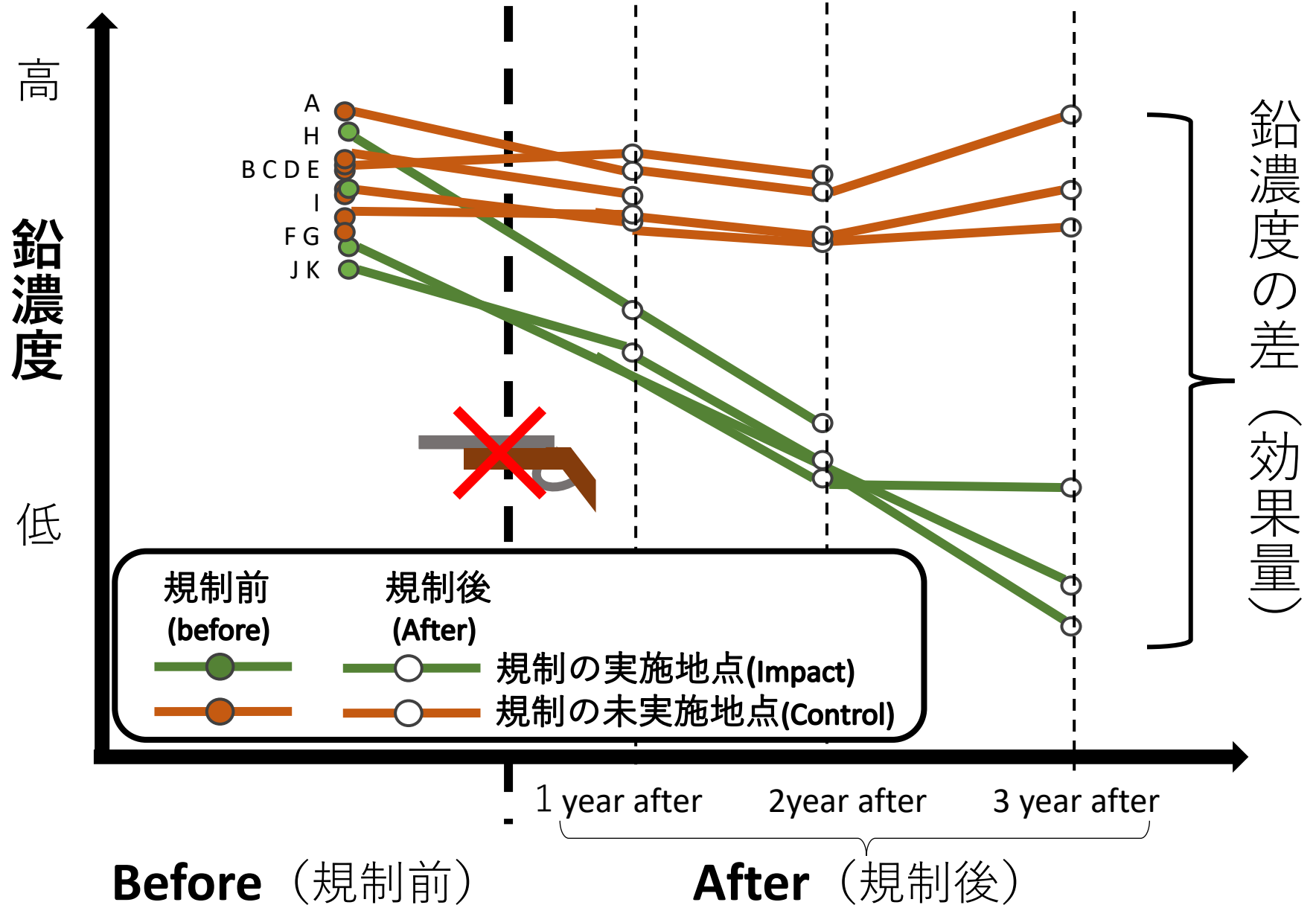
BACIデザイン (想定イメージ)



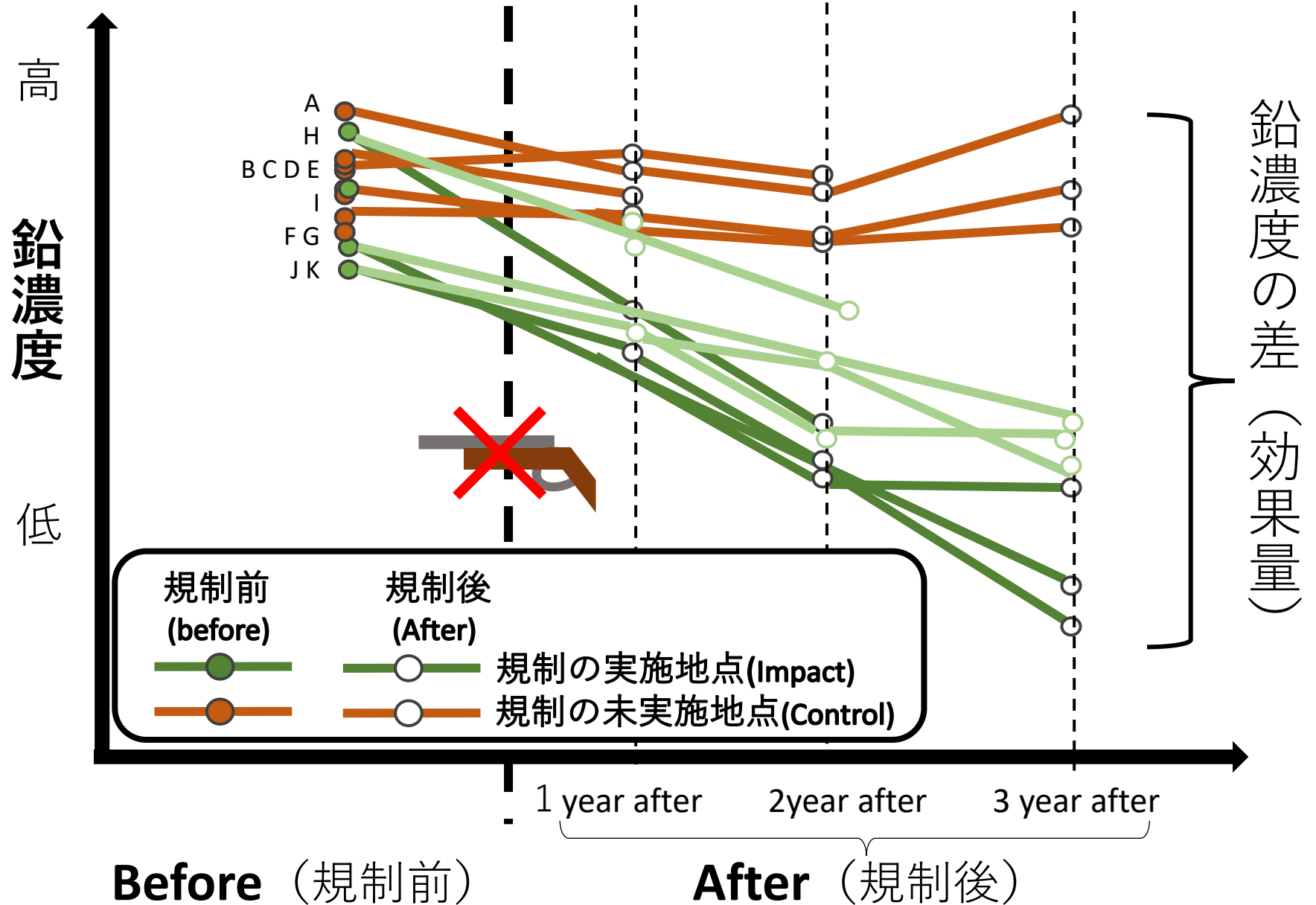
BACIデザイン (想定イメージ)



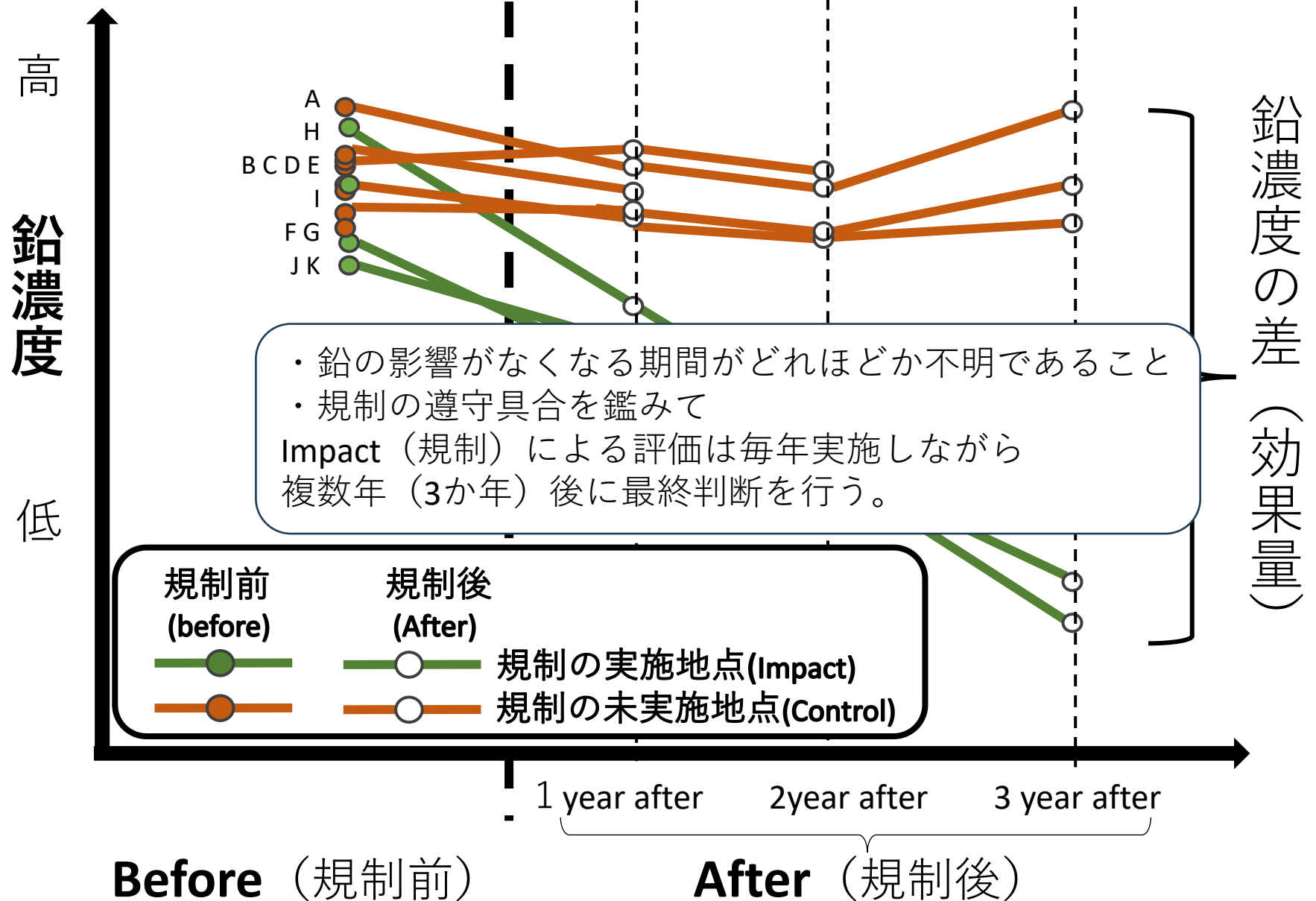
BACIデザイン (想定イメージ)



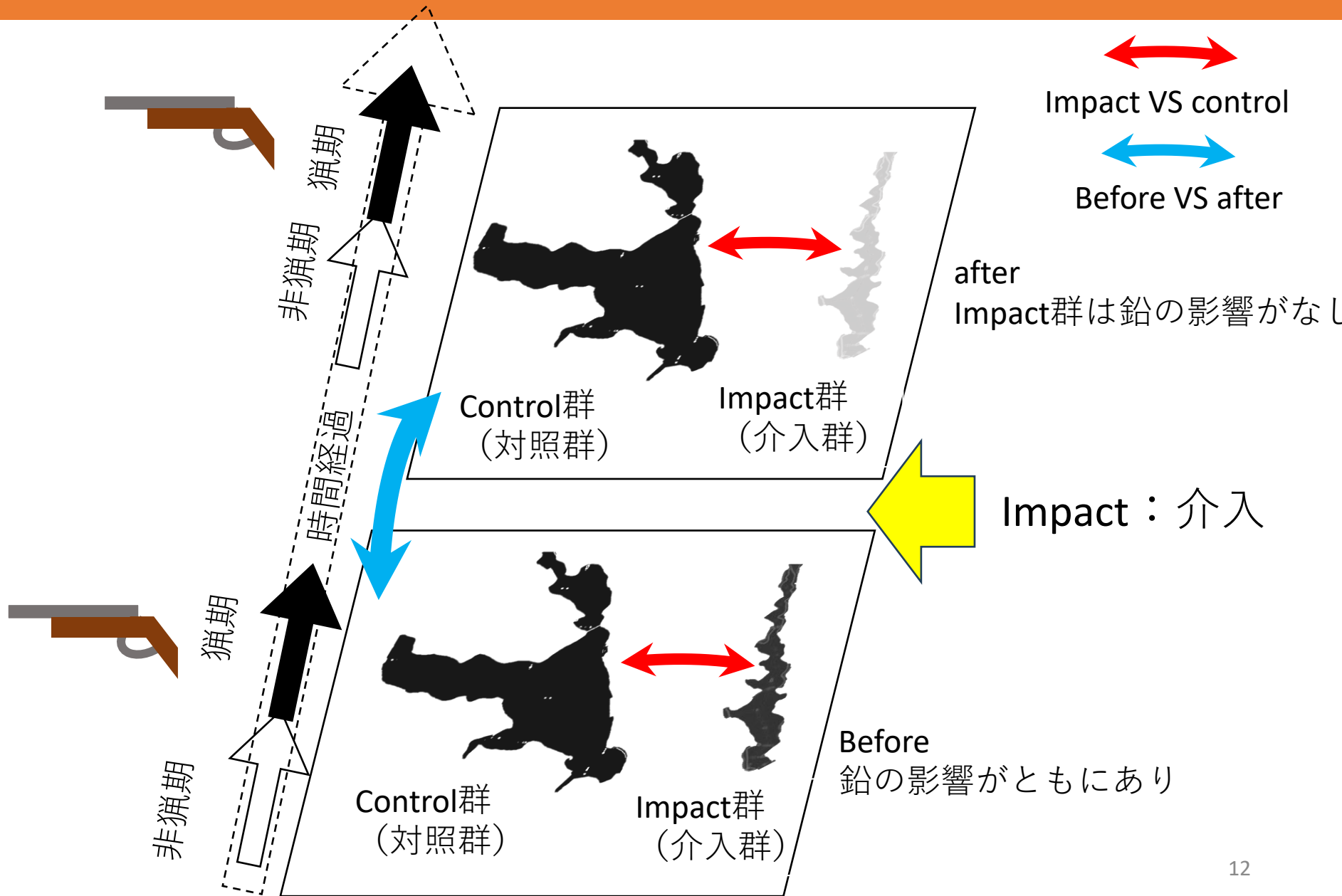
BACIデザイン (想定イメージ)



BACIデザイン (想定イメージ)



1) BACIデザインの非猟期、猟期も想定



1) モデル地域における影響評価スケジュール

2024

モデル地域でのサンプル採取
介入前（Before）データ収取
影響評価の試行（個体群動態モデル等の運用）

2025～2027

【評価第1段階】
介入後（after）データの収集
介入による影響評価（個体群動態モデル等の運用）
モデル地域での影響評価の実施

2027～

【評価第2段階】
モデル地域での対策の効果検証、
BACIデザインによる効果測定
影響評価を踏まえたリスク管理対策の検討

2030～

全国での鳥類での鉛中毒ゼロの実現
（必要な対策実施）

2) 鉛散弾蓄積状況調査

●目的

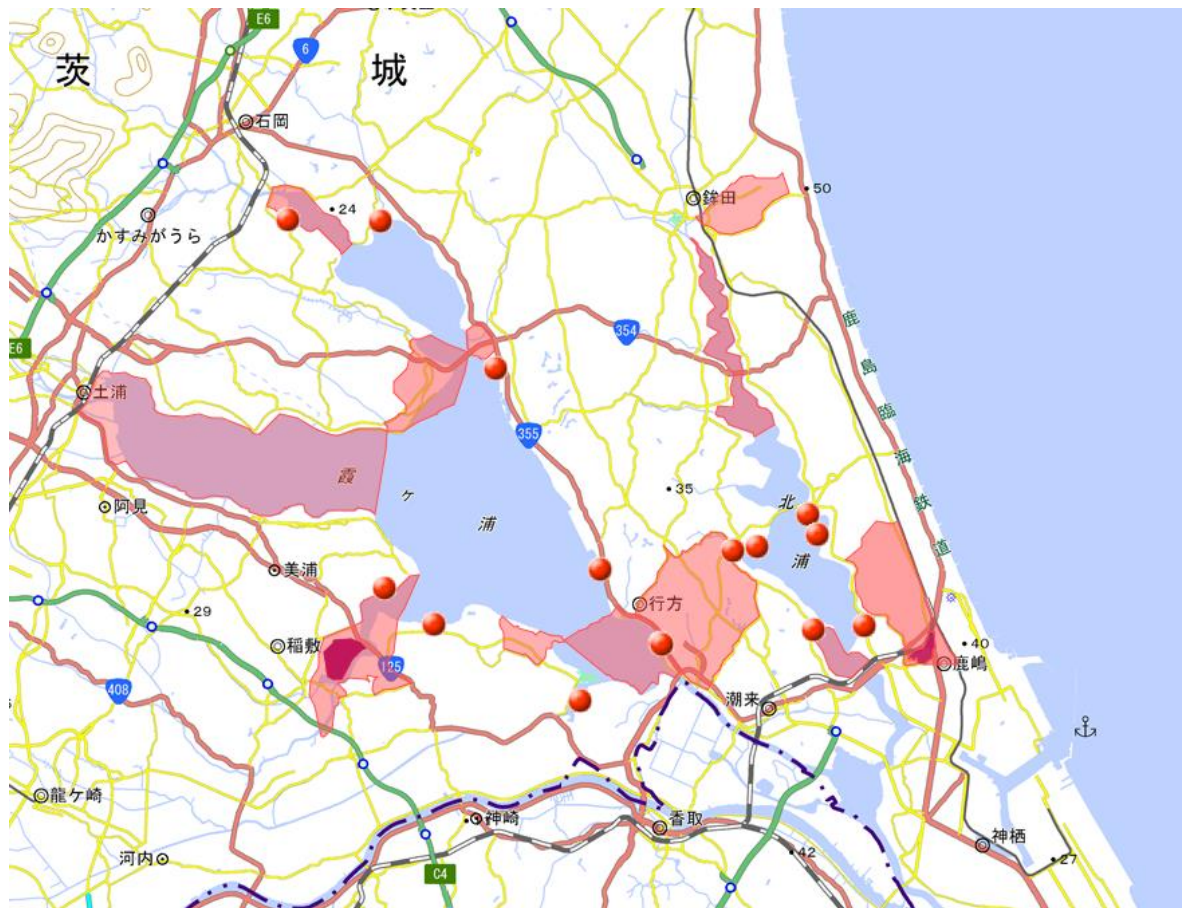
鳥類への鉛蓄積を理解する一環として、水環境の底質を対象とした底泥への鉛弾の分布状況を把握することを目的とする。

●土壌の採取時期

- ・ 第一回：
2024年9月23日-26日
- ・ 第二回：
2024年11月11日-14日
- ・ 第三回：
2025年2月15日以降

●調査地点

- ・ 環境的に散弾銃の使用が可能な地点を中心に15カ所を設定
- ・ 陸側の農地については1カ所設定（北浦地域）

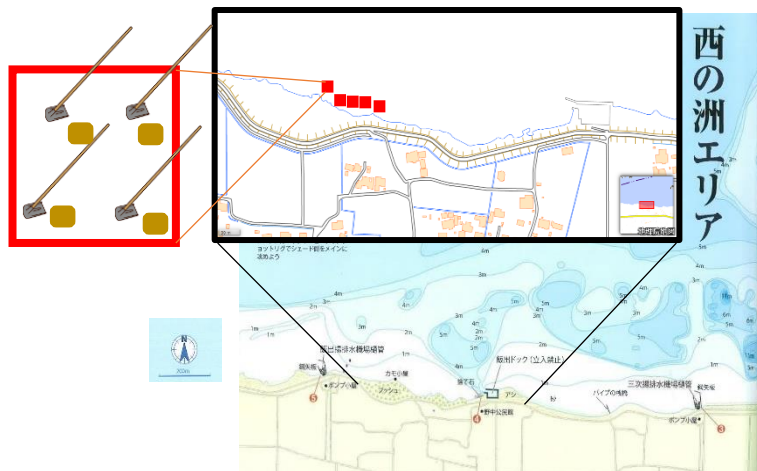


赤丸：調査地点)

網掛け（薄）：鳥獣保護区

網掛け（濃）：特別保護地区

2) 底質採取作業イメージ



- 調査地点あたり複数の区画（1m²程度）を設定した。
- 底質を鋤簾を用いて区画内4回以上採取した。



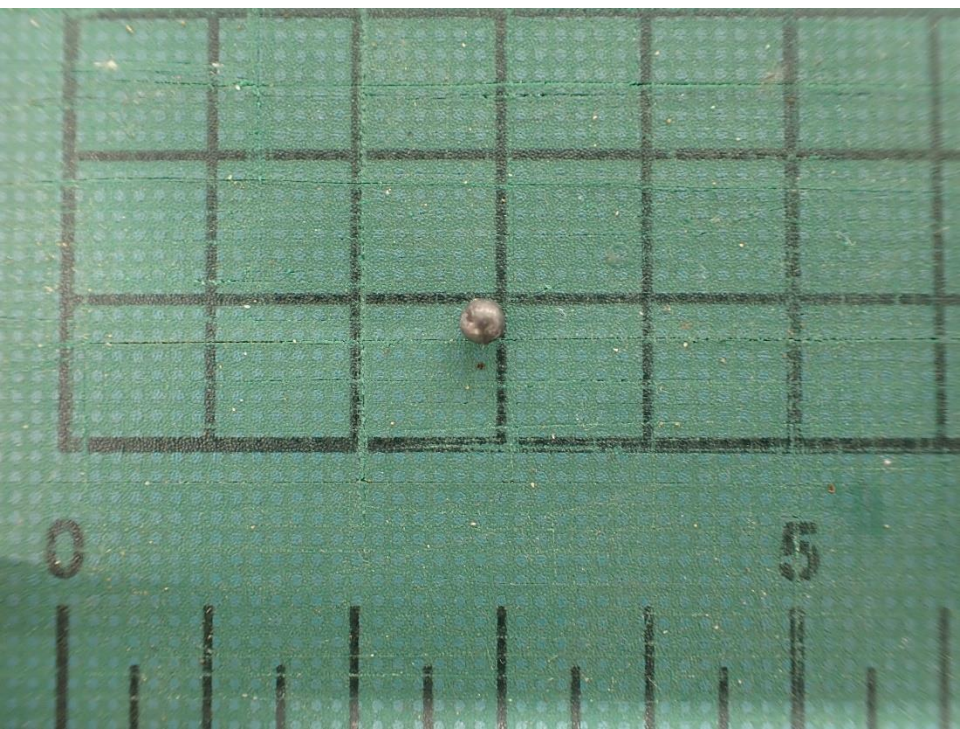
- 0.8mm篩を用いて底質をふるい分けした。残渣を調査試料とし、現場で目視確認するとともに保存し持ち帰った。



- 必要に応じ乾燥後にさらにふるい分けした（7mm, 5mm, 1mm）。
- 5mm篩を通過した細砂について、レントゲン撮影を実施した。

2) 調査結果 採取散弾疑い試料 (A-01)

- 川砂主体の浜。水深は5～10cm程度（波打ち際であり測定幅がある。採取時には水中）。
- ほぼ同地点で過去に薬きょうを確認している。
- 磁石にはつかなかった。
- レントゲンの結果からは金属であることが強く疑われる。



2) 調査結果 採取散弾疑い試料 (A-02、03)

- 植物遺体が堆積した泥質。水深は70cm程度。
- 鳥屋（カモ猟の際の待機小屋）の前の底質より採取。
- 底質採取の際、葉きょうを回収している。
- サイズは異なり、大きいほうは4号弾相当ぐらい。
- レントゲンの結果からは金属であることが強く疑われる。



2) 調査結果

●結果

- 15地点中2地点で散弾疑いの金属3粒を確認した。
- 3粒について、多元素解析の試料とした。
- 砂地で採取した試料のうち、散弾が含まれることが期待される1mm以上5mm以下の試料を目視で確認しているが、調査努力を必要とし、発見効率は低いものと思われる。
- レントゲン撮影の結果、砂の透過率は低く、スクリーニングには砂の厚みを薄くした状態で大量に撮影する必要があるが、実用的な範囲で効率的な散弾の発見を期待することは難しいと結論された。

多元素解析の結果、3粒すべて鉛を主とした金属であった。

濃度(%)	Pb	Sb	As	Zn	Mg	Cu	W	Ag	Mo	Cr	Co	Al
A-01	87.10	1.09	0.28	0.05	0.01	<LOD	0.00	0.00	0.00	0.00	<LOD	<LOD
A-02	84.02	1.08	0.28	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<LOD
A-03	91.14	0.35	0.21	0.02	0.01	<LOD	0.00	<LOD	<LOD	0.00	0.00	<LOD

2) 環境中の鉛製品確認調査の今後について

●R6年度の猟期後の調査について

- ・ 非猟期と同様の場所にて実施し、猟期の前後による評価を試みる。
- ・ 霞ヶ浦における、陸域での調査について地権者との調整次第で実施予定。

●来年度以降の鉛散弾蓄積状況調査について

- ・ 当初の目標であった環境中に鉛製品が存在することは確認できた。
- ・ しかし、環境中の鉛製品の調査は定量的な評価が可能なほど、採取することは困難である。
- ・ さらに非定量的評価であっても相当の努力量、費用を投入する必要がある。

→鉛散弾蓄積状況調査については最低限の目標を達成および費用対効果が薄いことから「次年度以降は実施しない」もしくは、「数年ごとの実施」としたい。

3) 霞ヶ浦・北浦における鳥類鉛汚染の現状

- 2020年度（R 2 年度）調査結果
オナガガモ計10羽調査の結果、オナガガモ 2 羽で鉛暴露、
1 羽で鉛中毒が認められた。
- 2023年度（R 5 年度）調査結果
マガモ7羽、オナガガモ3羽の計10羽調査の結果、マガモ 1
羽で鉛暴露、マガモ 2 羽で鉛中毒が認められた。

3) 非猟期／猟期 層化

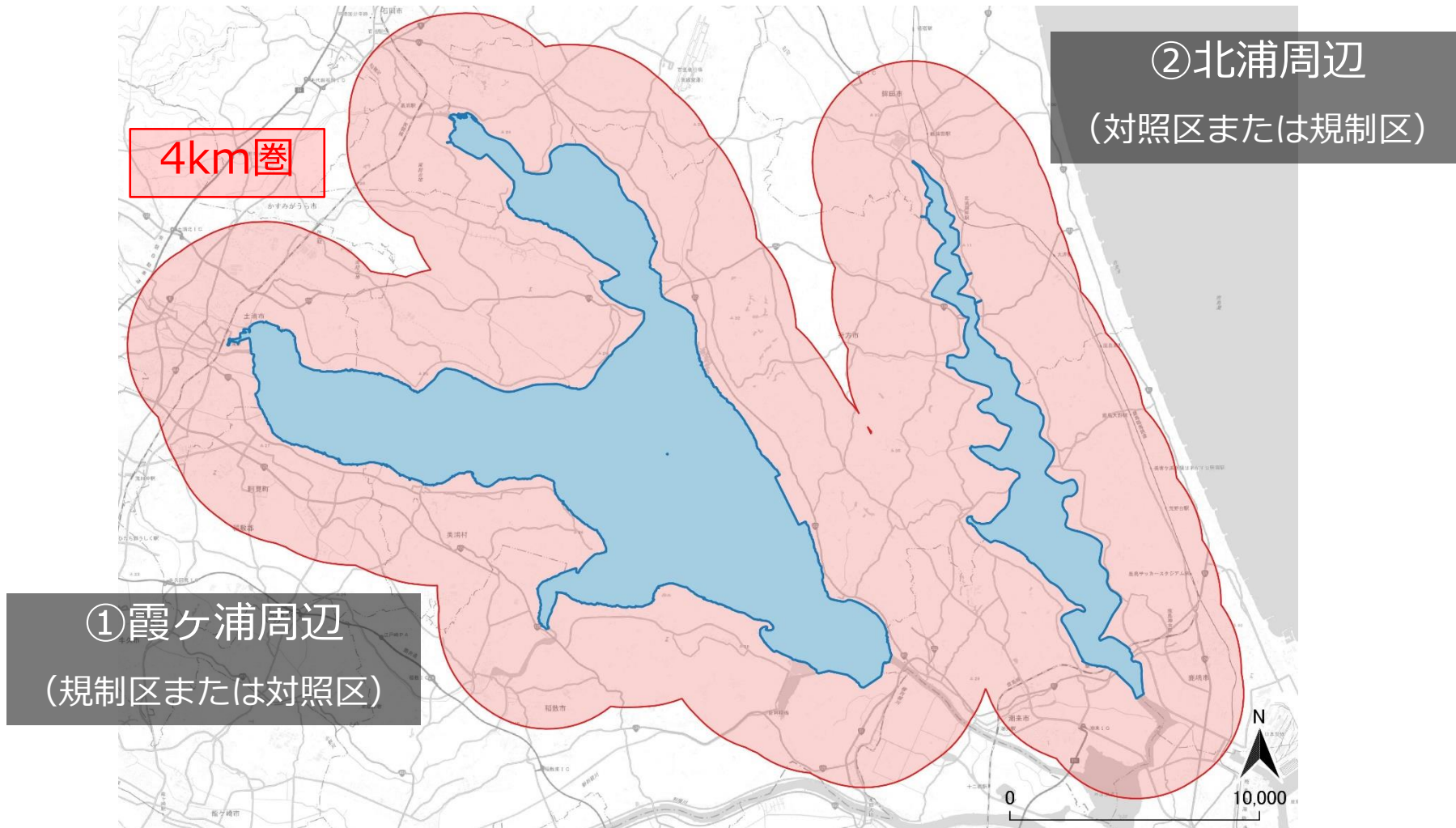
本年度サンプリング計画

狩猟による新たな鉛弾の流入（フロー）を考慮し、非猟期／猟期に分けてサンプリング。

対象種	非狩猟期 として扱う期間 <u>捕獲開始日から</u> <u>2024年11月30日まで</u>	狩猟期 として扱う期間 <u>2024年12月1日から</u> <u>2025年2月28日まで</u>
水鳥（カモ類）	25羽	50羽
猛禽類（ノスリ）	5羽	10羽

3) サンプリング対象地

それぞれ水面及び周辺の陸域を捕獲範囲とする。



3) 陸域のサンプリング範囲の設定方法

猛禽類（ノスリ）

- 体内に鉛弾が残る、または血中鉛濃度の高いカモ類の死体や衰弱個体を水辺付近においてノスリが捕食するものと想定。
- ノスリの越冬期行動圏を 9.9km^2 （中原ら（2017）の最大値）とし、円形とした場合の半径約 1.8km 程度の範囲においてカモ類を捕食するものとした。

中原ら（2017）越冬期におけるノスリ *Buteo japonicus* の行動圏と利用環境. 日本鳥学会2017年度大会

カモ類

- 越冬期における採食等の日常的な行動圏は、ねぐらから最大で 10km 程度移動するとの報告があるものの、宮城県では概ね 3km 圏内、石川県では平均 2.2km と報告されており、平均的には $2\sim 3\text{km}$ 圏内で主に行動するものとした。

嶋田ら（2019）Bird Res. 15:A15-22.
山本ら（2002）Strix 20: 13-22.

 汀線から $4.0\text{km}\{2.2(\text{カモ}) + 1.8(\text{ノスリ})\text{km}\}$ をノスリにおける鉛汚染に対するリスクが想定される範囲とし、この範囲を目安に捕獲調査を実施。

3) 捕獲の進捗状況 2025年1月末現在

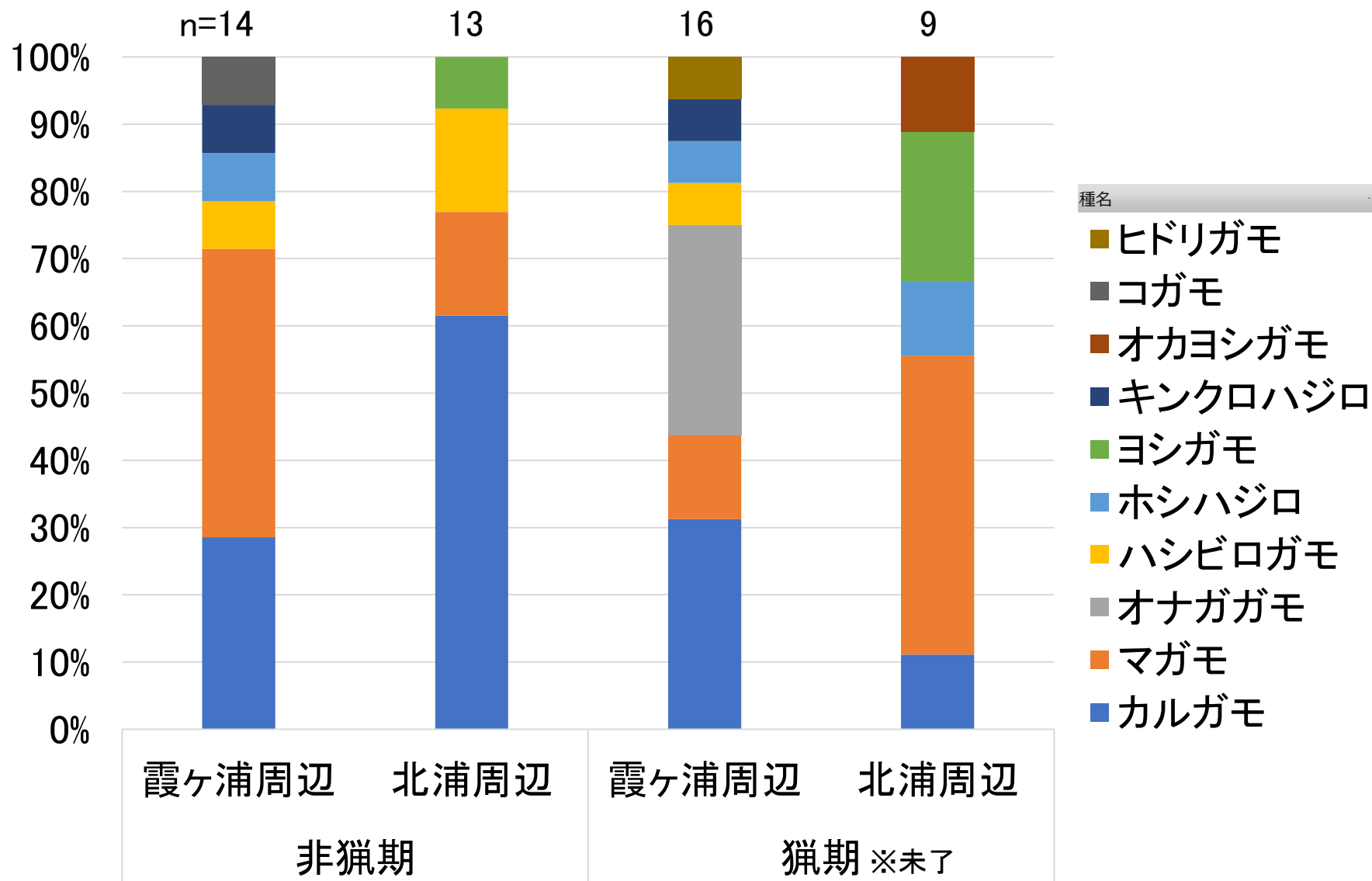
水鳥（カモ類）

地 区	非猟期 として扱う期間	猟期 として扱う期間
①霞ヶ浦周辺	14羽	16羽
②北浦周辺	13羽	9羽
合 計	27羽	25羽 ※未了

猛禽類（ノスリ）

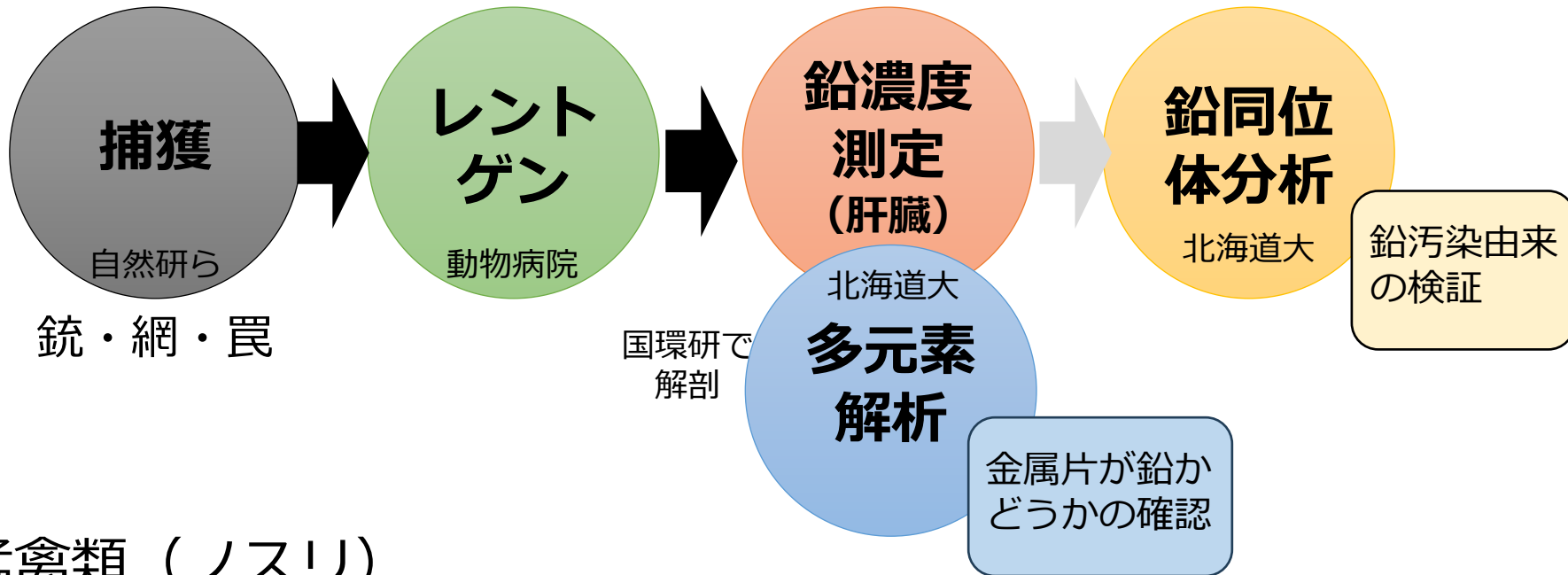
地 区	非猟期 として扱う期間	猟期 として扱う期間
①霞ヶ浦周辺	3羽	6羽
②北浦周辺	2羽	5羽
合 計	5羽	11羽

3) カモ類 捕獲種

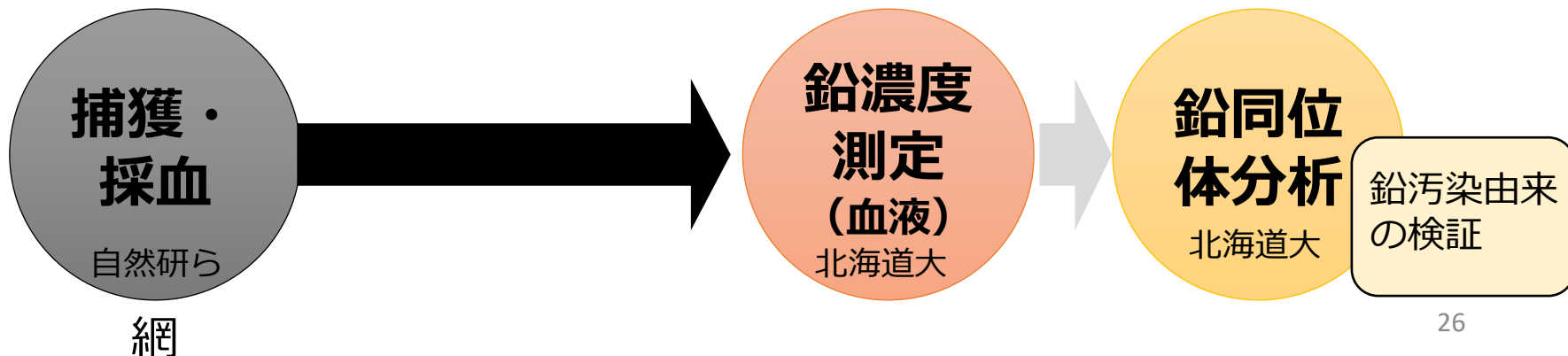


3) 分析工程

水鳥（カモ類）



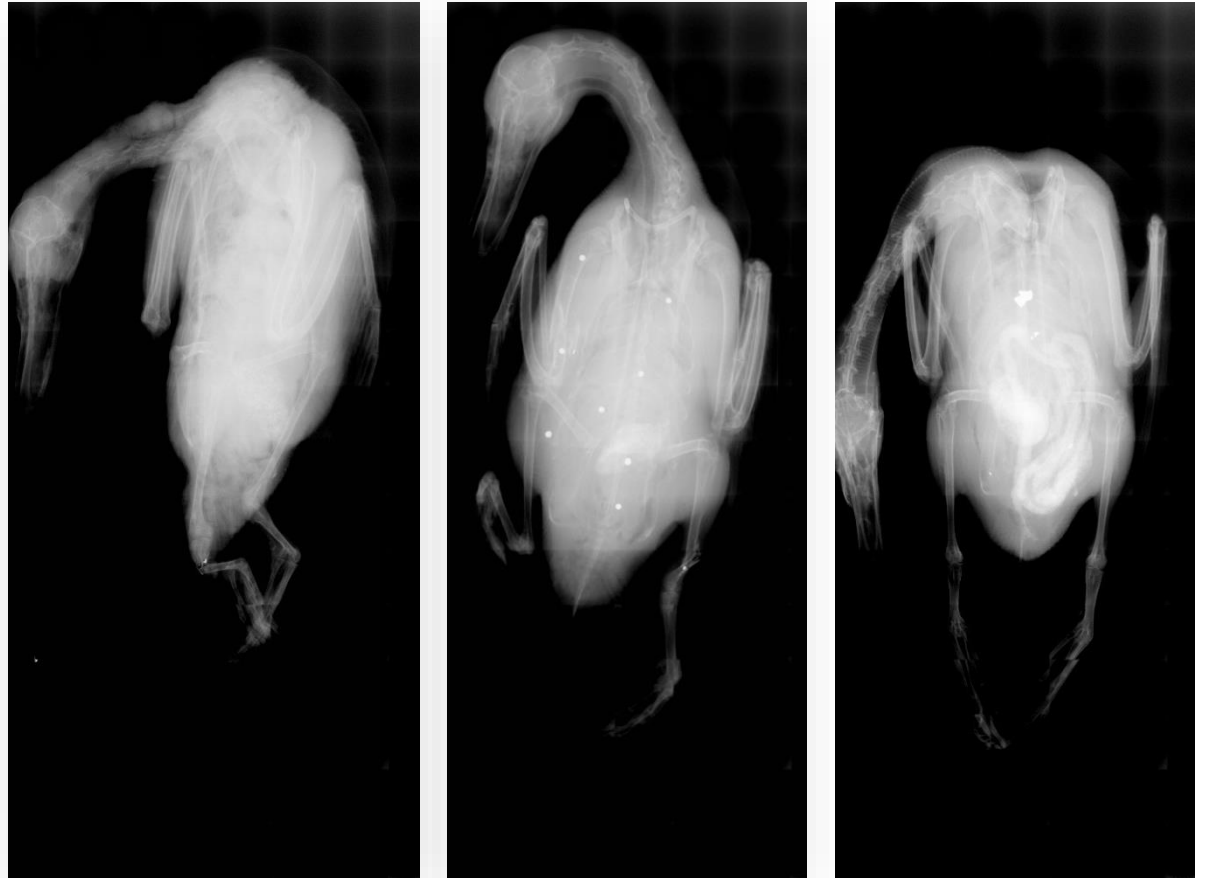
猛禽類（ノスリ）



3) 分析結果

レントゲン撮影例

- 鉛濃度→現在、分析過程
- レントゲン→撮影済み



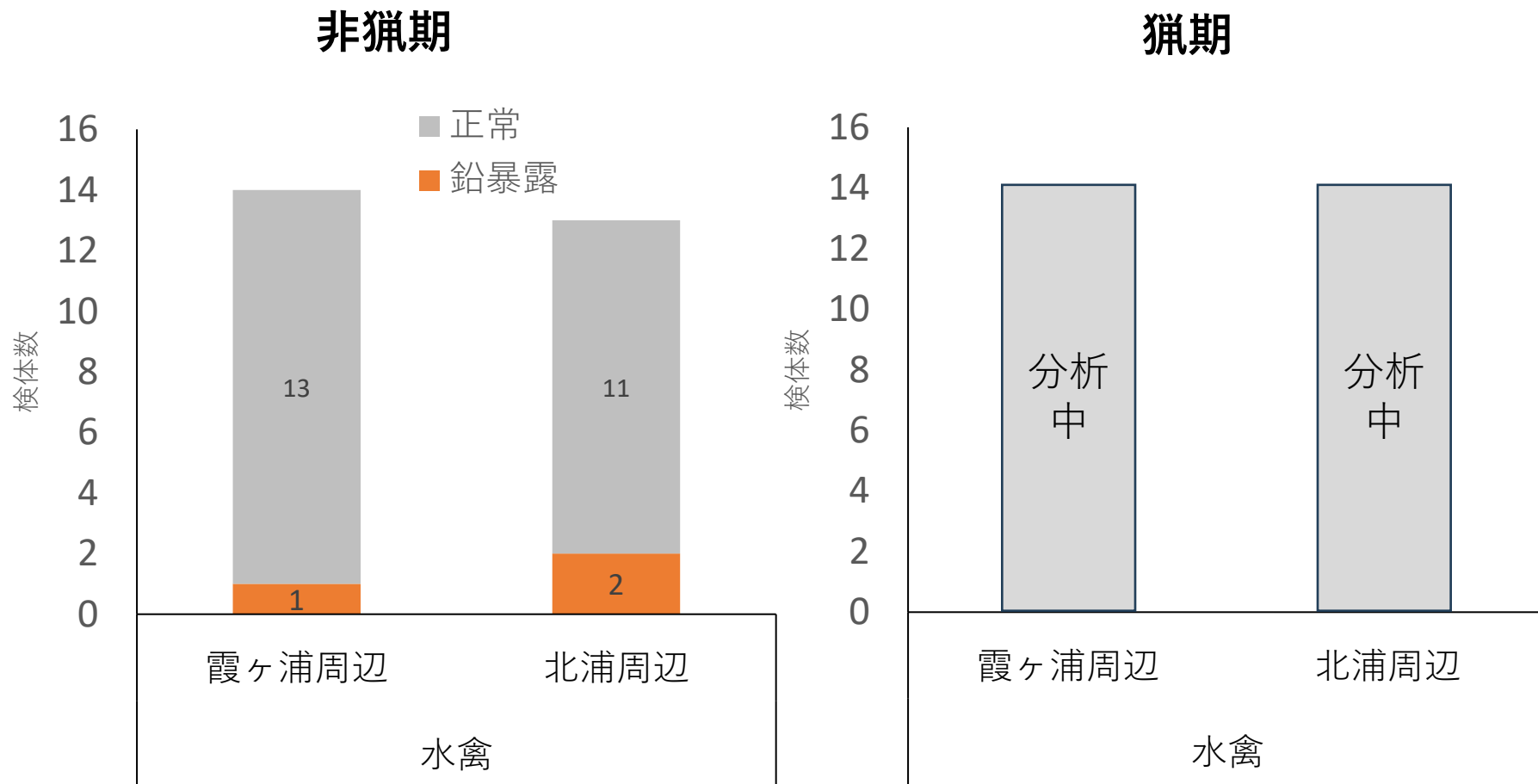
左：捕獲に用いた弾なし（抜けか？）、北浦
中：捕獲に用いた弾あり、霞ヶ浦北
右：消化管内周辺に影あり、霞ヶ浦南

3) 分析結果



- レントゲンの結果から消化管内を確認した結果、赤丸にあるような物質を摘出し、分析を実施中。
- 課題としてレントゲンで確認できた場合でも、採材は容易ではないことが判明した。

3) 分析結果 力毛類（鉛汚染個体の割合）

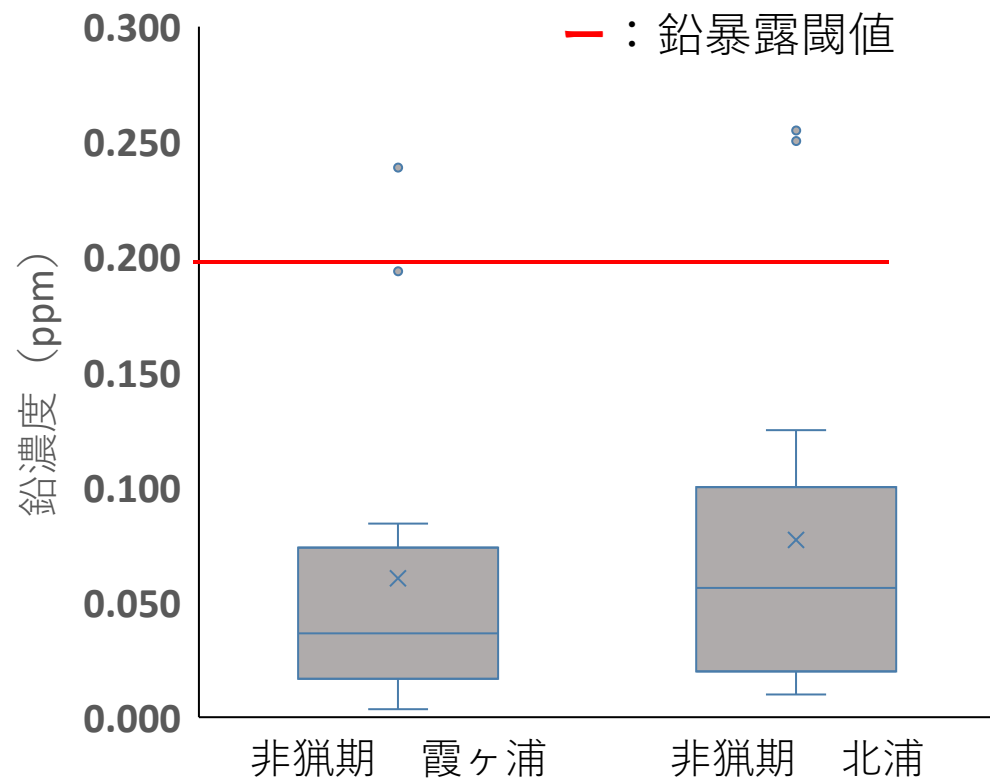


非猟期では、それぞれ霞ヶ浦で1検体、北浦で2検体鉛暴露が確認された。
猟期の検体については現在分析中である。

3) 分析結果 力毛類 (鉛濃度)

非猟期

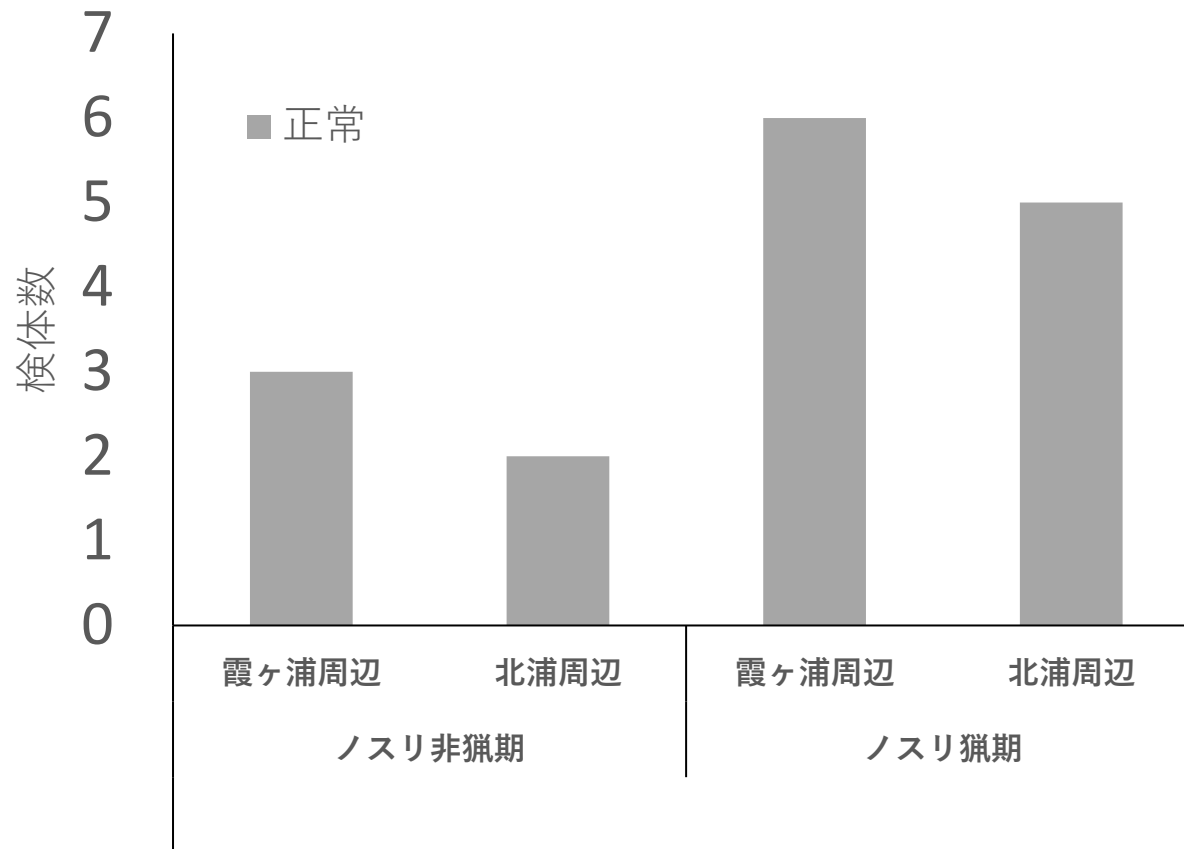
猟期



分析中

- 北浦の個体の方が鉛濃度が高い傾向にあった。
- 猟期個体の結果について現在、分析中。

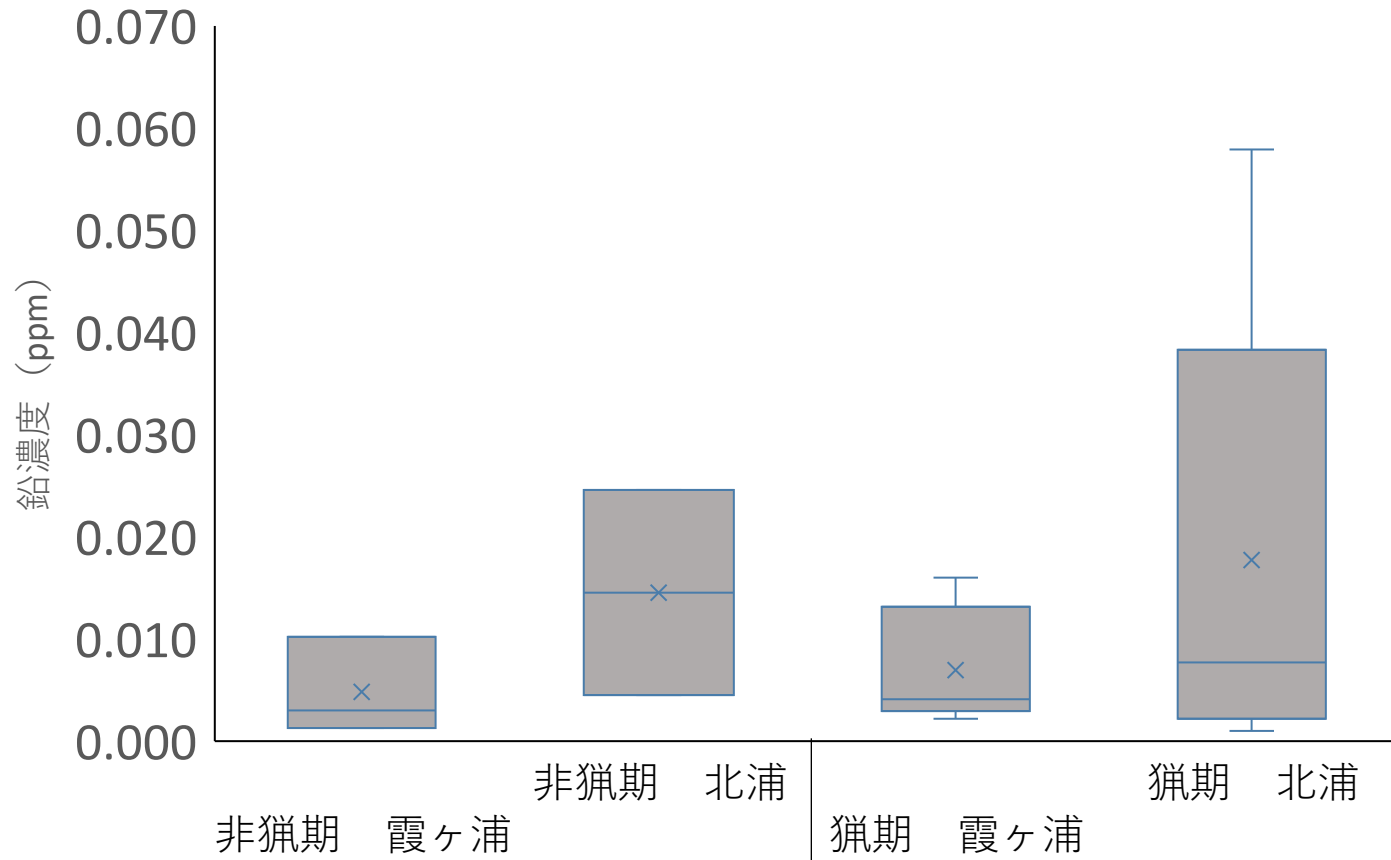
3) 分析結果 ノスリ（鉛汚染個体の割合）



非猟期、猟期ともに鉛汚染は検出されなかった。

※ただし、カモ類に比べて、検体数が少ないため引き続き調査が必要と考える。

3) 分析結果 ノスリ (鉛濃度)



- 非猟期・猟期ともに北浦の個体の方が鉛濃度が高い傾向にあった。
- 猟期において、鉛濃度が上昇する傾向がみられた。

4) 個体群動態モデルのイメージ

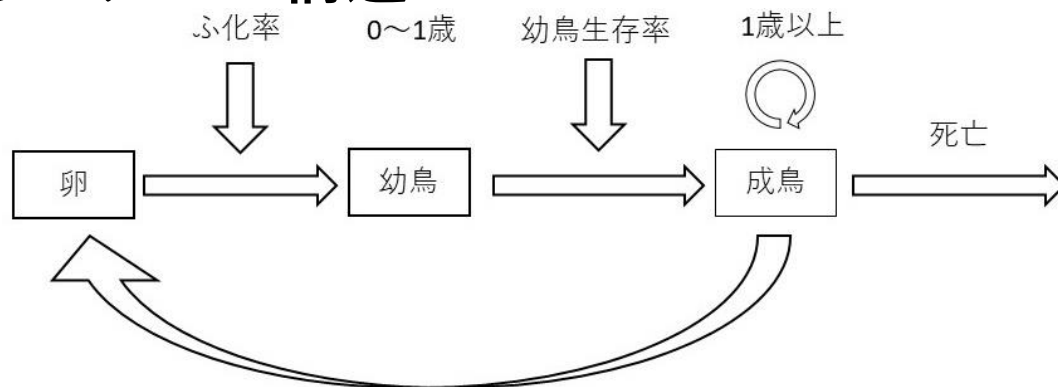
○想定される個体群動態モデル

➤ 推移行列モデル

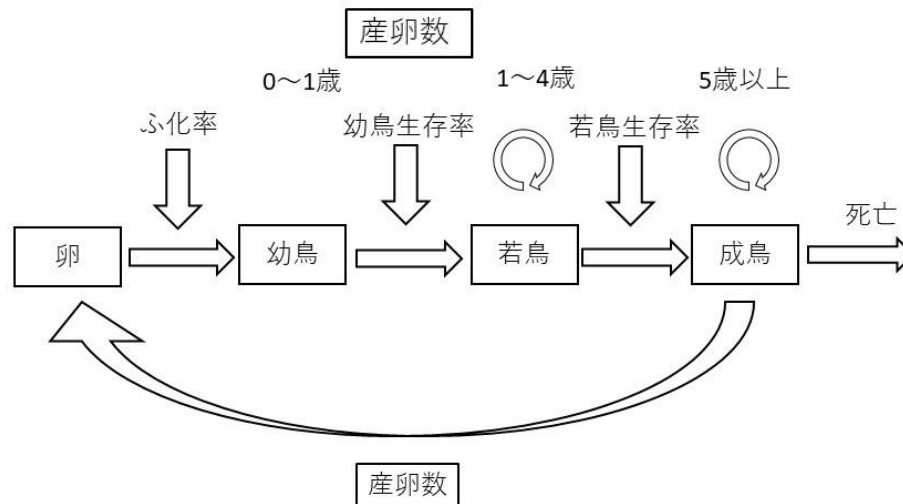
$$\begin{pmatrix} N_{t+1,0} \\ N_{t+1,1} \\ N_{t+1,2} \\ \vdots \\ N_{t+1,A-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_0 m_1 & p_1 m_2 & \cdots & p_{A-2} m_{A-1} & p_{A-1} m_A \\ p_0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & p_1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & p_{A-2} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_{t,0} \\ N_{t,1} \\ N_{t,2} \\ \vdots \\ N_{t,A-1} \end{pmatrix}$$

○想定されるモデルの構造

➤ カモ類 (カルガモ)



➤ 猛禽類 (ノスリ、クマタカ)



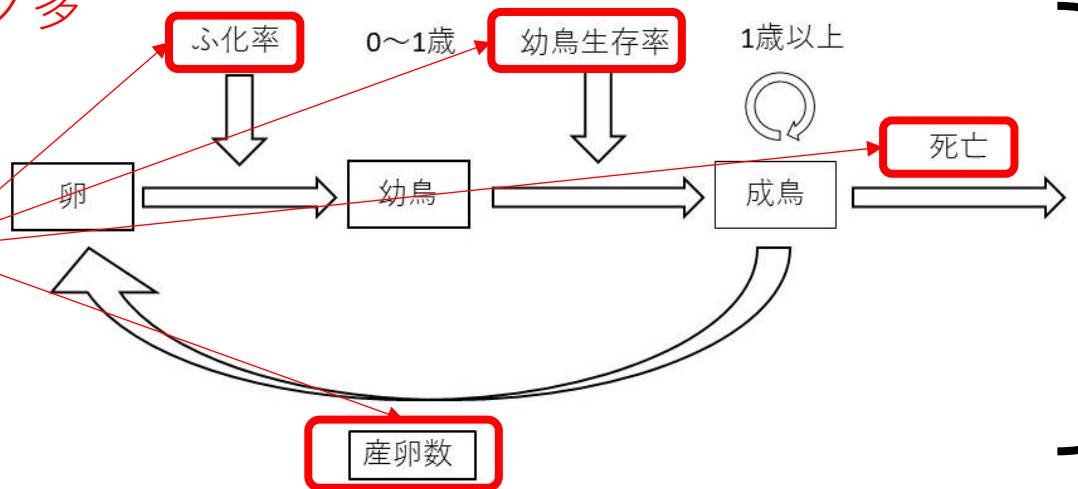
4) 影響評価のイメージ

○Before (規制前)

フロー、ストック多

影 響 大

サンプルの
鉛濃度高
or
鉛中毒個体
割合多



鉛規制前の
自然増加率

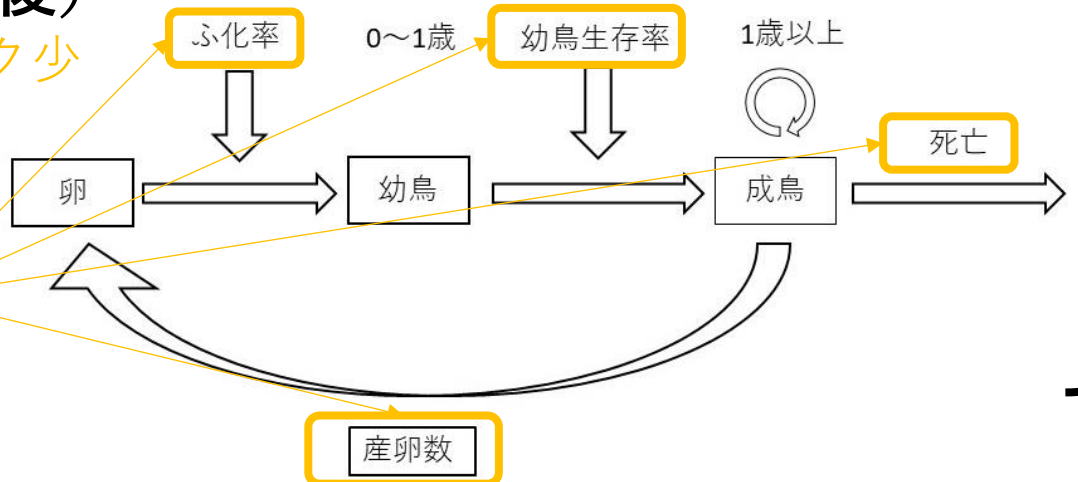
比較

○After (規制後)

フロー、ストック少

影 響 小

サンプルの
鉛濃度低
or
鉛中毒個体
割合少



鉛規制後の
自然増加率

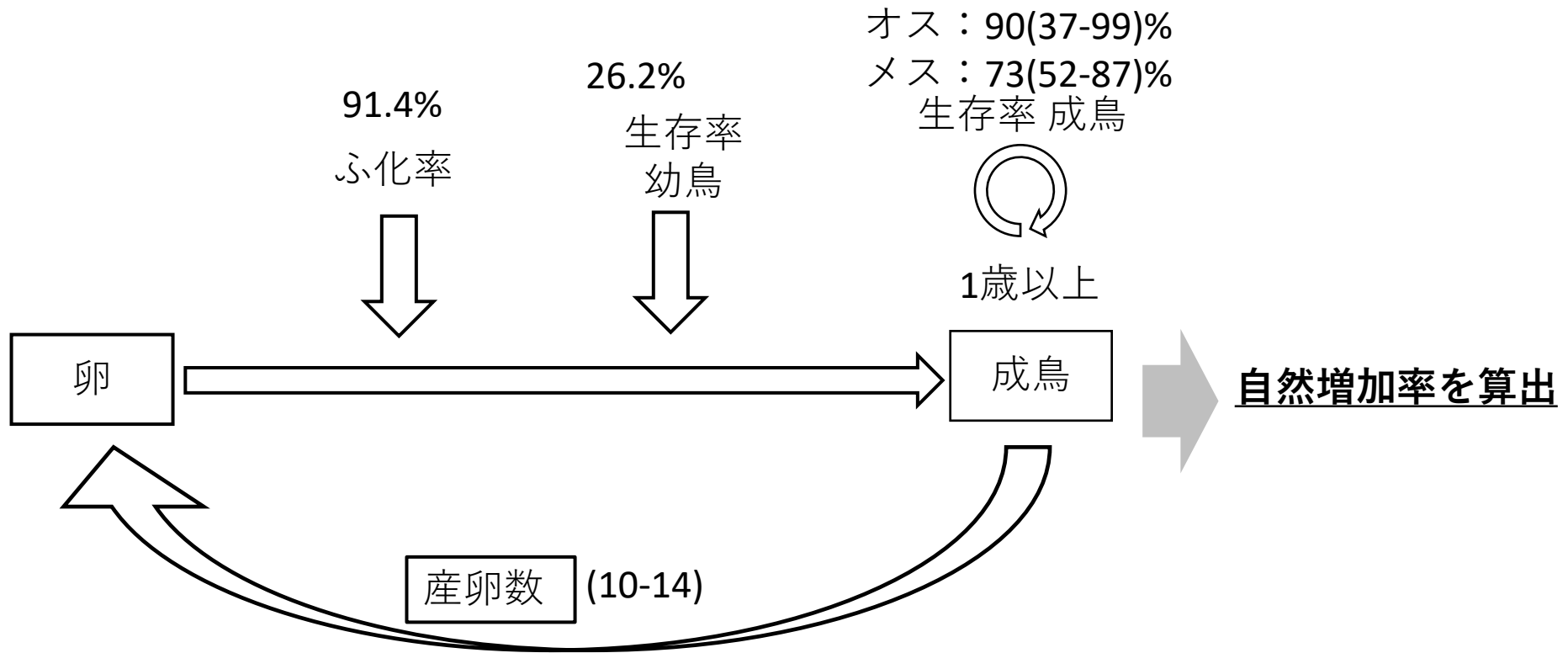
4) 個体群動態モデル

- 文献から各種の生態パラメータ（産卵数、生存率など）を収集
 - 基本的に日本における対象種のパラメータを使用
 - 日本における対象種のパラメータがない場合は近縁種や海外のパラメータを使用
 - 取り得る値に幅がある場合は、その幅内で乱数を発生させた
- ⇒例えば、以下の様に文献情報を収集した場合、産卵数は10、11、12、13、14のいずれかになる。

パラメータ	種	地域	平均値 中央値	最小値～最大値 95%信用区間
産卵数	カルガモ	日本		10 ~ 14
孵化率	カルガモ	日本	91.4	
生存率_幼鳥	アメリカガモ	北米	26.2*	
生存率_成鳥オス	マガモ	北欧	90	37 ~ 99
生存率_成鳥メス	マガモ	北欧	73	52 ~ 87
繁殖開始齢	マガモ	北欧	1	

* メスのパラメータ

4) 個体群動態モデル (カルガモ)

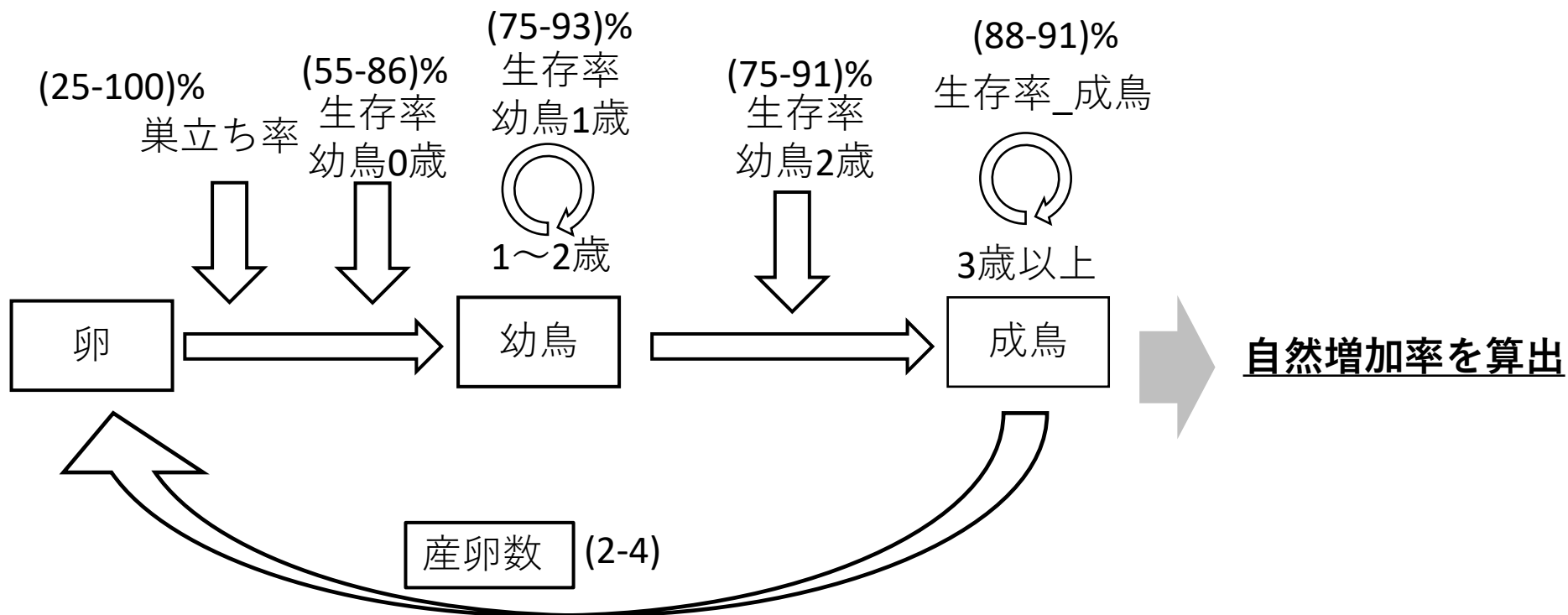


【文献情報】

パラメータ	種	地域	平均値 中央値	最小値～最大値 95%信用区間
産卵数	カルガモ	日本		10 ~ 14
孵化率	カルガモ	日本	91.4	
生存率 幼鳥	アメリカガモ	北米	26.2*	
生存率 成鳥オス	マガモ	北欧	90	37 ~ 99
生存率 成鳥メス	マガモ	北欧	73	52 ~ 87
繁殖開始齢	マガモ	北欧	1	

* メスのパラメータ

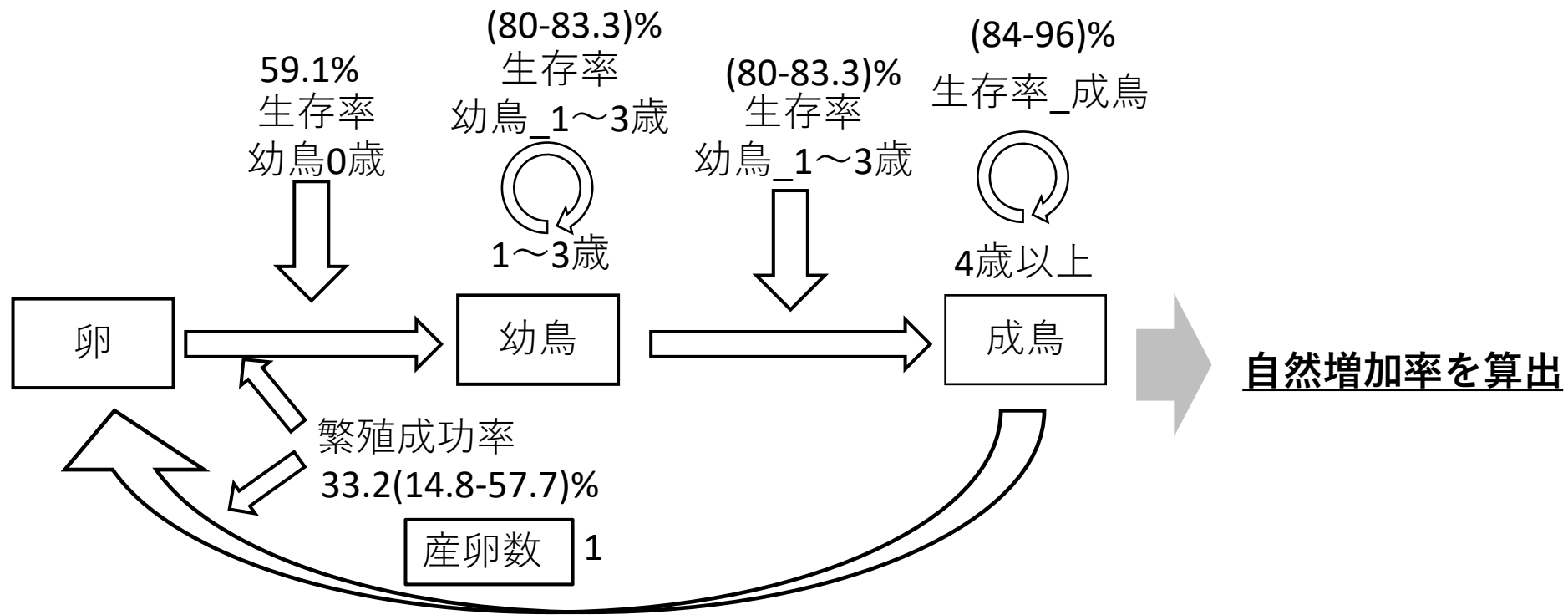
4) 個体群動態モデル (ノスリ)



【文献情報】

パラメータ	種	地域	平均値 中央値	最大値～最小値 95%信用区間
産卵数	ノスリ	日本		2 ~ 4
巣立ち率	ノスリ	日本		25 ~ 100
生存率_幼鳥0歳	ヨーロッパノスリ	西欧		55 ~ 73
生存率_幼鳥1歳	ヨーロッパノスリ	西欧		75 ~ 93
生存率_幼鳥2歳	ヨーロッパノスリ	西欧		75 ~ 91
生存率_成鳥3歳	ヨーロッパノスリ	西欧		88 ~ 91
繁殖開始年齢	ヨーロッパノスリ	西欧	3	

4) 個体群動態モデル (クマタカ)



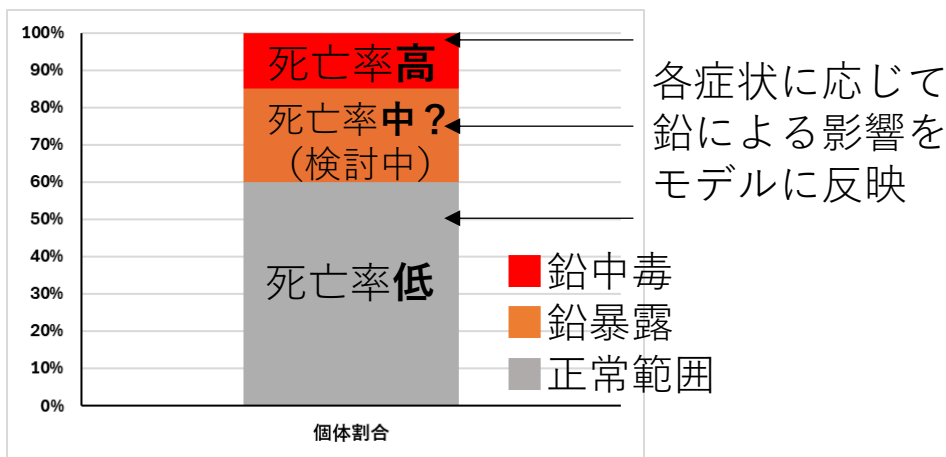
【文献情報】

パラメータ	種	地域	平均値 中央値	最大値～最小値 95%信用区間
産卵数	クマタカ	日本	1	
繁殖成功率	クマタカ	日本	33.2	14.8 ~ 57.7
生存率 幼鳥0歳	カタシロワシ	東欧	59.1	
生存率 幼鳥1~3歳	カタシロワシ	東欧		80 ~ 83.3
生存率 成鳥	ボネリークマタカ	西欧		84 ~ 96
繁殖開始齢	クマタカ	日本	4	

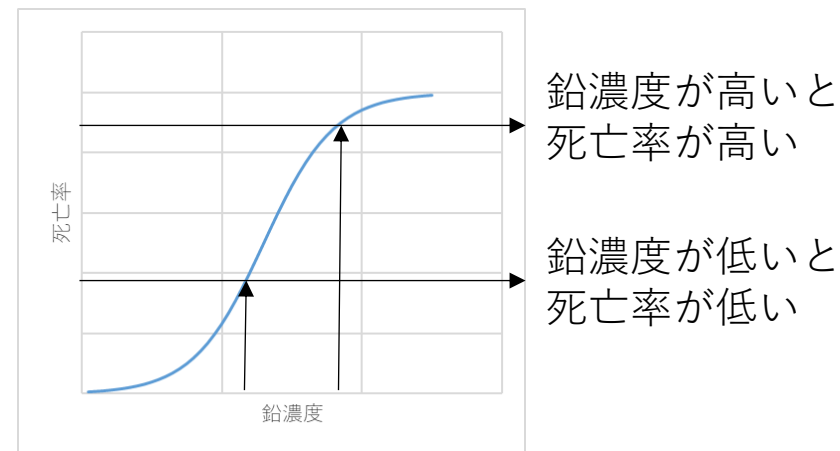
4) 鉛による影響

- 文献から各種の鉛による（鉛中毒時の死亡率など、血中の鉛濃度あたりの死亡率）を収集
- 基本的に日本における対象種のパラメータを使用
- 日本における対象種のパラメータがない場合は近縁種や海外のパラメータを使用
- その他、低濃度鉛汚染（＝鉛暴露）による影響をモデルに組み込めないか検討中

【鉛中毒など症状に応じた影響のイメージ】

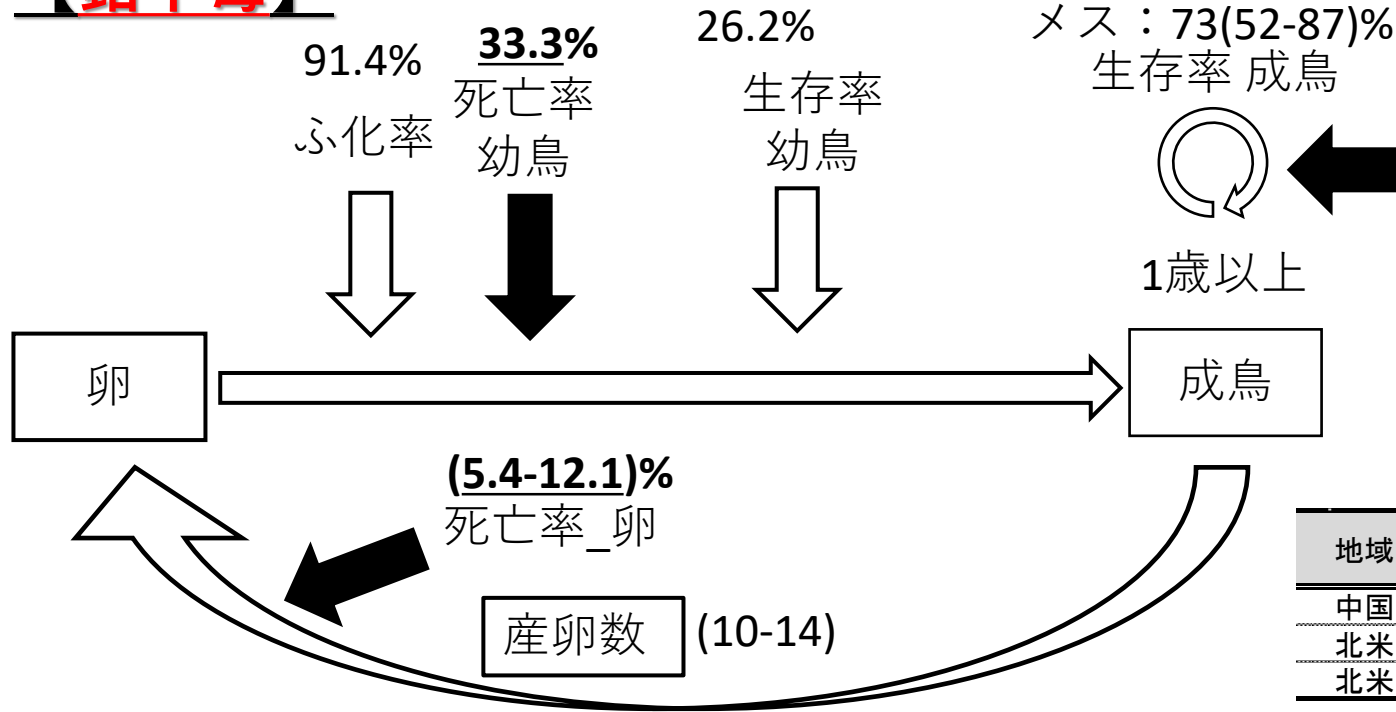


【鉛濃度に応じた影響のイメージ】



4) 鉛の影響評価 (カルガモ)

【鉛中毒】

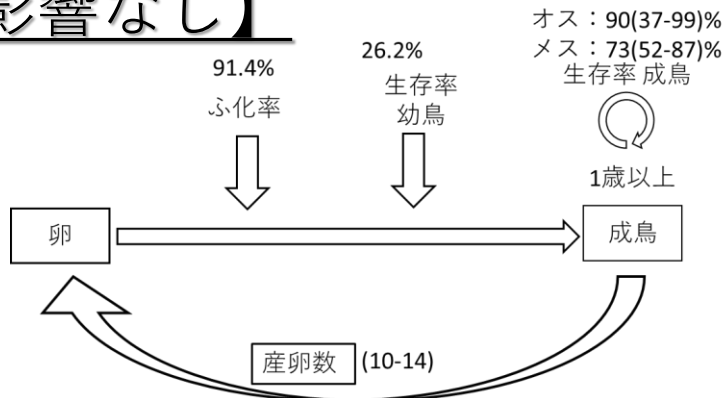


【文献情報】

パラメータ	種
鉛中毒時の死亡率_卵	マガモ
鉛中毒時の死亡率_幼鳥	マガモ
鉛中毒時の死亡率_成鳥	マガモ

地域	平均値 中央値	最小値~最大値 95%信用区間
中国		5.4 ~ 12.1
北米	33.3	
北米	20	

【鉛の影響なし】



【鉛暴露】

(検討中)

5) 課題 検討事項

課題

- Impact群（鉛規制）の調整

→北浦と霞ヶ浦どちらに設定するか

※茨城県との調整が必要

- 鉛散弾蓄積状況調査について

環境中には鉛製品があることは確認出来たため

次年度以降は実施しないもしくは、数年ごとの実施としたい。

- 個体群動態モデル設計の妥当性

鳥種ごとのパラメータ（例、密度効果など）、鉛の影響について

低濃度の鉛汚染（鉛暴露）に影響をモデルに組み込む方法の検討が必要。