

G P S 首輪による移動状況の捕獲圧及び地域毎の環境要因との関係性の  
分析について（植生被害状況の再検討も含む）

平成 28 年度 8 月 4 日

林野庁 九州森林管理局

## 内容

|                                                   |          |
|---------------------------------------------------|----------|
| <b>G P S首輪による移動状況の捕獲圧及び地域毎の環境要因との関係性の分析 .....</b> | <b>1</b> |
| <b>調査方法.....</b>                                  | <b>1</b> |
| GPS テレメトリー首輪の調査方法 .....                           | 1        |
| データセットの準備 .....                                   | 2        |
| 統計モデルを用いた分析手法 .....                               | 2        |
| <b>移動状況調査結果 .....</b>                             | <b>2</b> |
| 河川界区分 1,2,8 に生息するヤクシカ（メス）の移動に与える要因の効果 .....       | 3        |
| <b>考察 .....</b>                                   | <b>7</b> |
| ヤクシカの生息密度状況.....                                  | 7        |
| 河川界別区域における捕獲手法の検討 .....                           | 7        |
| <b>植生被害状況調査結果の再検討 .....</b>                       | <b>8</b> |
| Chesson の餌資源選択指数について .....                        | 8        |
| 調査個所 .....                                        | 8        |
| IVLEV と CHESSON の指数の比較（西部、北東部、北部、中央部、南部） .....    | 9        |

## GPS 首輪による移動状況の捕獲率及び地域毎の環境要因との関係性の分析

### 調査方法

#### GPS テレメトリー首輪の調査方法

調査は平成 23 年度～平成 27 年度にかけて、計 24 頭（継続調査の場合重複してカウント）のヤクシカに GPS 装置（GPS テレメトリー首輪、以下 GPS 首輪）を取り付け、移動状況調査を行った（表 1）。

屋久島は地域ごとに順応的な生態系管理を行う必要があることから、ヤクシカの移動が困難と考えられる河川に従って 10 分割されている。このためヤクシカの移動パターンの分析は、それぞれ性別ごとに、河川界区分ごとに行った。

なお、西部地域は世界自然遺産地域に含まれており、未だ捕獲が実施されておらず、今後捕獲計画の策定が早急に求められていることから、特に調査個体を多くした。

GPS 調査ではバッテリーを長寿命化させるために、曜日によって GPS 測位間隔を変えて位置情報を取得した（表 2）。

表 1: GPS 首輪調査の概要

| 個体 No. | 性別     | クラス | 林道      | 河川界区分 | 機種        | GPS タイプ | 測位間隔 | 測位期間      |
|--------|--------|-----|---------|-------|-----------|---------|------|-----------|
| 1      | female | 成獣  | 西部林道    | 区分 8  | TellusID  | ラジオ     | A    | H.23～24   |
| 2      | male   | 成獣  | 西部林道    | 区分 8  | TellusID  | ラジオ     | B    | H.23～24   |
| 3      | female | 成獣  | 西部林道    | 区分 8  | TellusID  | ラジオ     | A    | H.23～24   |
| 4      | female | 成獣  | 西部林道    | 区分 8  | TellusID  | ラジオ     | A    | H.23～24   |
| 5      | female | 成獣  | 西部林道    | 区分 8  | TellusID  | ラジオ     | B    | H.23～24   |
| 6      | male   | 成獣  | 西部林道    | 区分 8  | TellusID  | ラジオ     | B    | H.23～24   |
| 7      | female | 成獣  | 西部林道    | 区分 8  | TellusID  | ラジオ     | B    | H.23～24   |
| 8      | female | 成獣  | 西部林道    | 区分 8  | TellusID  | ラジオ     | A    | H.23～24   |
| 9      | female | 成獣  | 第二小瀬田林道 | 区分 1  | TellusID  | ラジオ     | A    | H.23～24   |
| 10     | female | 成獣  | 小瀬田林道   | 区分 1  | TellusID  | ラジオ     | B    | H.23～24   |
| 11     | female | 成獣  | 宮之浦林道   | 区分 9  | TellusID  | ラジオ     | B    | H.23～24   |
| 12     | male   | 成獣  | 大川林道    | 区分 7  | TellusID  | ラジオ     | C    | H.23～24   |
| 13     | male   | 成獣  | 宮之浦林道   | 区分 9  | TellusID  | ラジオ     | B    | H.23～24   |
| 14     | male   | 成獣  | 小瀬田林道   | 区分 1  | TellusID  | ラジオ     | A    | H.23～24   |
| 15     | male   | 成獣  | 第二小瀬田林道 | 区分 1  | TellusID  | ラジオ     | C    | H.23～24   |
| 16     | female | 成獣  | 大川林道    | 区分 7  | TellusID  | ラジオ     | C    | H.23～24   |
| 3573   | female | 成獣  | 63 支線入口 | 区分 2  | Tellus5ID | ラジオ     | E    | H.26～27   |
| 3579   | female | 成獣  | 中間林道    | 区分 5  | Tellus5ID | ラジオ     | E    | H.26～27   |
| 3683   | male   | 成獣  | 淀川登山口   | 区分 2  | TellusID  | 衛星      | D    | H.25      |
| 3684   | female | 成獣  | 紀元杉     | 区分 2  | TellusID  | 衛星      | D    | H.25      |
| 3685-1 | female | 成獣  | 紀元杉     | 区分 2  | TellusID  | 衛星      | D    | H.25      |
| 3685-2 | female | 成獣  | 紀元杉     | 区分 2  | TellusID  | 衛星      | E    | H.26～H.27 |
| 3686-1 | male   | 成獣  | ヤクスギランド | 区分 2  | TellusID  | 衛星      | D    | H.25～H.27 |
| 3686-2 | female | 成獣  | 大川林道    | 区分 7  | TellusID  | 衛星      | D    | H.26～27   |

表 2: GPS 首輪データのサンプリング間隔

| 区分 | 測位間隔 |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|
|    | 月曜日  | 火曜日  | 水曜日  | 木曜日  | 金曜日  | 土曜日  | 日曜日  |
| A  | 2 時間 | 2 時間 | 2 時間 | 5 分  | 1 時間 | 2 時間 | 2 時間 |
| B  | 2 時間 | 2 時間 | 2 時間 | 10 分 | 1 時間 | 2 時間 | 2 時間 |
| C  | 1 時間 | 1 時間 | 1 時間 | 1 時間 | 1 時間 | 1 時間 | 1 時間 |
| D  | 6 時間 | 6 時間 | 6 時間 | 6 時間 | 6 時間 | 6 時間 | 6 時間 |
| E  | 4 時間 | 4 時間 | 4 時間 | 2 時間 | 4 時間 | 4 時間 | 4 時間 |

また、屋久島の複雑な地形の深い谷部にシカが移動するなど衛星が GPS 首輪の位置情報をとらえられなかった時間が存在し、データのサンプリング間隔に偏りが生じたため、データ解析では在・不在データ (1,0) を用いて、分析を行った。

さらに、地形・環境要因とヤクシカの移動パターンの関連性を分析するため、屋久島全体を 500m メッシュ単位で区分し、それを地位区分とした。

#### データセットの準備

ヤクシカの移動データと関連する環境要因として植生データ、地形要因として、林道からの距離、標高のデータセットを準備した。

植生データは環境省自然環境局が実施している自然環境保全基礎調査の中の 1/25000 現存植生図を用いた。

林道・登山道の GIS データは国土数値情報サービスから取得した。また標高、傾斜角度のデータは国土地理院よりダウンロードした DEM データを用いた。それぞれのデータの平均値を、区分した 500m メッシュごとに求め、属性値とした。また植生データは各メッシュ内で最も面積の大きい種を属性値とした。これらの作業にあたっては ArcGIS ( ver.10.2 ) 、および QuantumGIS ( ver.2.8.2 ) を用いた。

#### 統計モデルを用いた分析手法

500m メッシュ区分の各グリッドの属性値を説明変数とし、ヤクシカの在・不在データ (1,0) との関連性についてベイズ法を用いたロジスティック回帰分析を行い、ヤクシカの性別ごとの移動に寄与する要因の効果を定量化した。また GPS 首輪データは環境要因よりも直前に GPS 首輪を装着した個体が生息していた場所に依存するため、空間的自己相関を考慮する必要があることから Intrinsic CAR model を用いた。空間的自己相関を考慮することで、各要因の係数の

推定において、係数の過大推定や第一種の過誤（本来寄与しない環境要因を検出してしまうこと）を避けることができ、場所差を考慮した係数の推定ができる。

本解析ではフリーの統計解析ソフト R ( ver3.1.3 ) と MCMC 計算用ソフト Winbugs(ver1.4.3) を使用した。モデルは以下の式を用いた。

#### Model

$$\text{logit}(\lambda_{i,j,k}) = \alpha_{i,j,k} \times V_{i,k} + \beta_{i,j,k} \times D_{i,k} + \theta_{i,j,k} \times A_{i,k} + r_{i,k}$$

$$p_{i,j,k} \sim \text{dbern}(\lambda_{i,j,k})$$

(1)

ここで、 $\alpha$ は植生の選好性を示す係数、 $\beta$ は林道からの距離に係る係数、 $\theta$ は標高に係る係数、 $r$ は空間的自己相関の係数、 $i,j,k$ はメッシュ番号、ヤクシカの性別、河川界区分をそれぞれ示す。 $r$ については場所差を明らかにするため、隣接するセルの隣接行列を用い、空間重みづけ行列は等しく1として Intrinsic CAR model を構築した。分析結果は、複数の個体に GPS 首輪を装着した河川界区分 1,2,8（北東部、中央部、西部）についてのみ示す。

#### 移動状況調査結果

##### ヤクシカの行動パターンについて

ヤクシカの個体ごとの移動パターンを図. 1 に示した。捕獲が入っていない西部地域では、メスは標高 0 m ~200m の範囲で活動していた。本来この地域は下層植生がほとんどない状態のため、ヤクザルとの共生関係に起因して定住的であるとみられるが、今後さらなるモニタリング調査を要する。

ヤクシカは間伐や工事などの突発的な事象があった場合には回避行動としてそこから移動するが（同一個体で大きな移

動がある場合）、それ以外では一般的に言われているとおり、定住的であった。しかし河川界区分 2（中央部）の GPS データは高標高域で活動しているヤクシカの移動データであるが、低標高域にいる個体と比較し、行動圏が広がった。これは餌資源を探す動き、或いは降雪による影響があったためと考えられる。

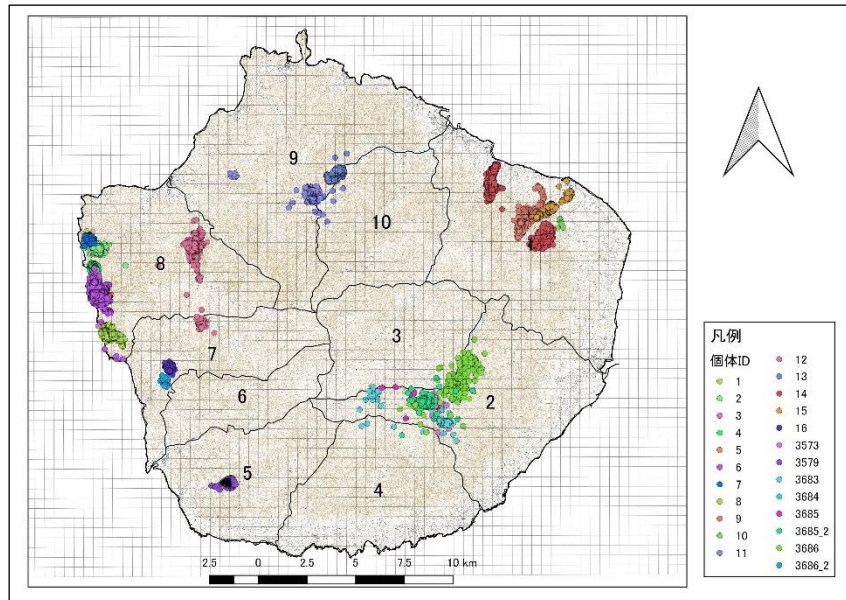


図 1. 個体ごとの GPS データ

## 河川界区分 1,2,8 に生息するヤクシカ（メス）の移動に与える要因の効果

### 植生区分別のヤクシカの活動域

河川界区分 1 に生息するヤクシカは冬に植林地および畑・水田・牧草地の利用が減少し、シイ・カシ林などの常緑広葉樹林、常緑広葉樹二次林の利用が多かった。（図 4）。

河川界区分 2 に生息するヤクシカは植林地と暖温帯針葉樹林で活動しており、季節変動は見られなかった。

河川界区分 8 に生息するヤクシカは常緑広葉樹の二次林を利用していたが、秋は標高が高い地域に分布している暖温帯針葉樹林帯での活動が見られた。

### 林道からの距離別のヤクシカの活動域

ヤクシカは全ての地域で林道に依存した行動圏をもっていた（図 5）。これは林道沿いの個体に対して GPS 首輪を装着したことに起因すると考えられる。捕獲圧が高い河川界区分 1 では、林道からある程度距離が離れた場所でも活動していた。

### 標高別のヤクシカの活動域

河川界区分 1 に生息するヤクシカは秋には低地（標高 0m）を中心として活動していたが、冬になるにつれ標高 200m ほどの地域での活動が中心となった（図 6）。

河川界区分 2 に生息するヤクシカは標高 1000m ほどの地域を中心として活動していた。冬には降雪による影響で標高 1000m～1199m での活動が大きくなった。

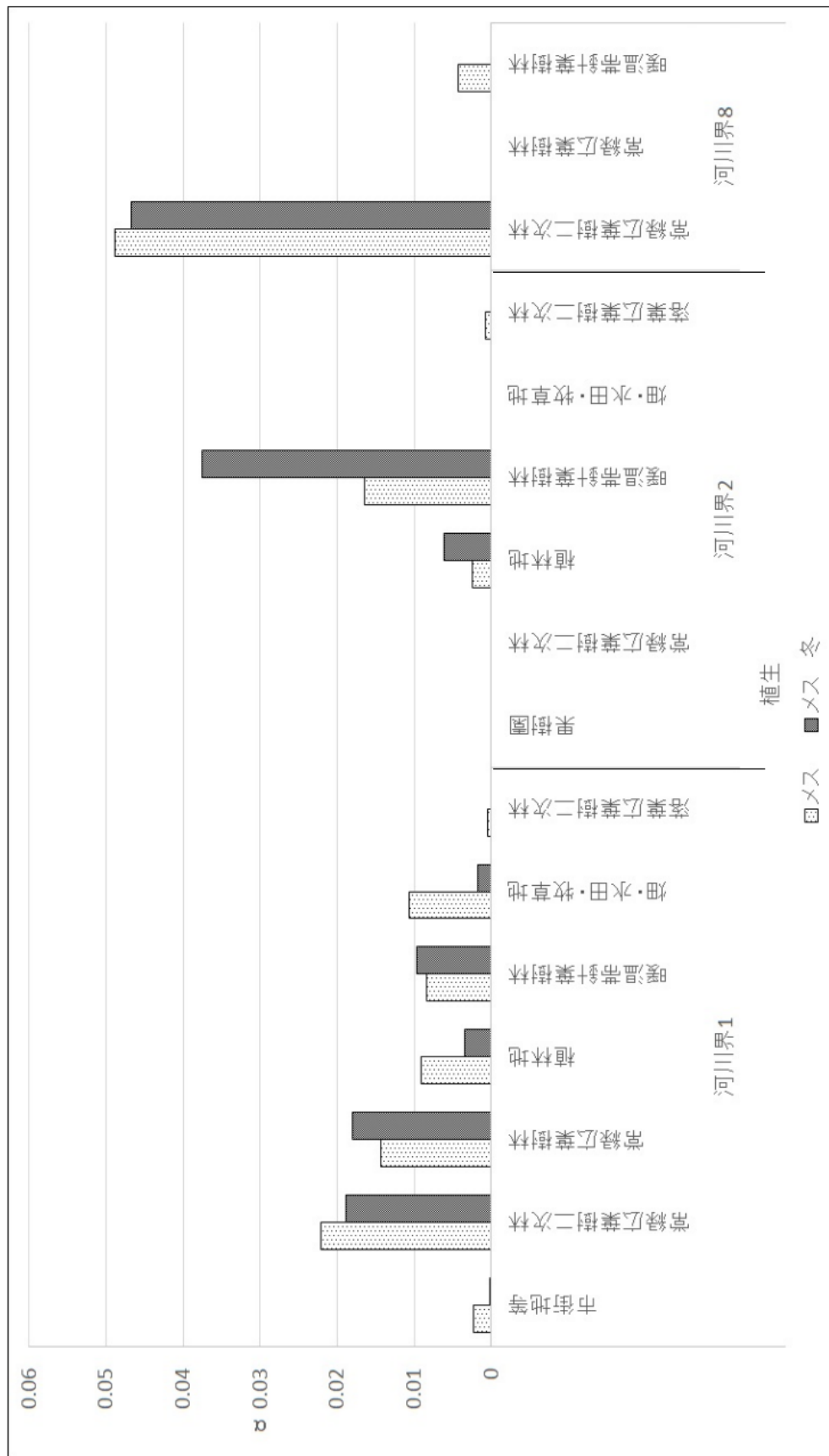


図 4: ヤクシカ個体ごとの移動軌跡

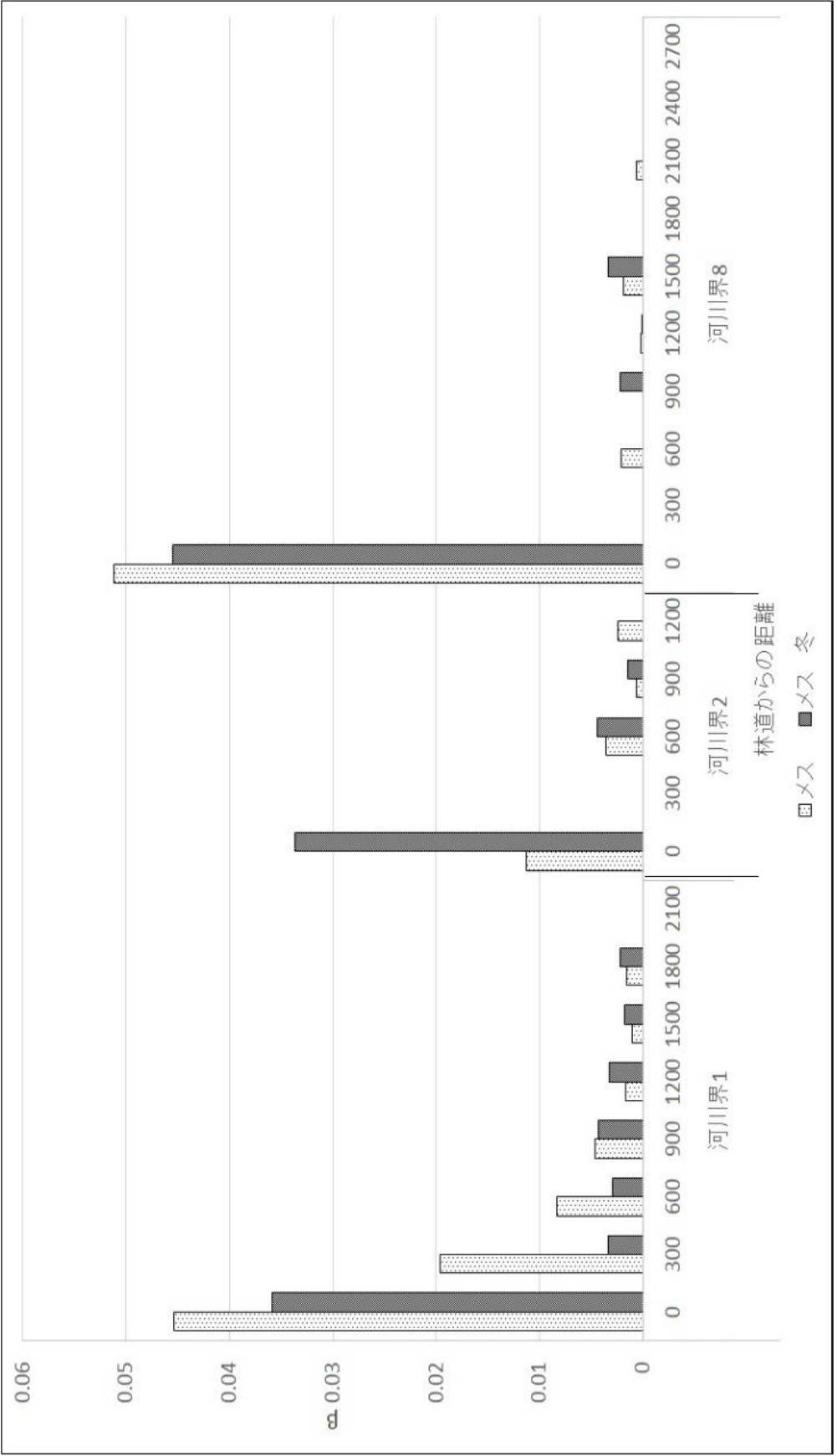


図 5: ヤクシカ個体ごとの移動軌跡

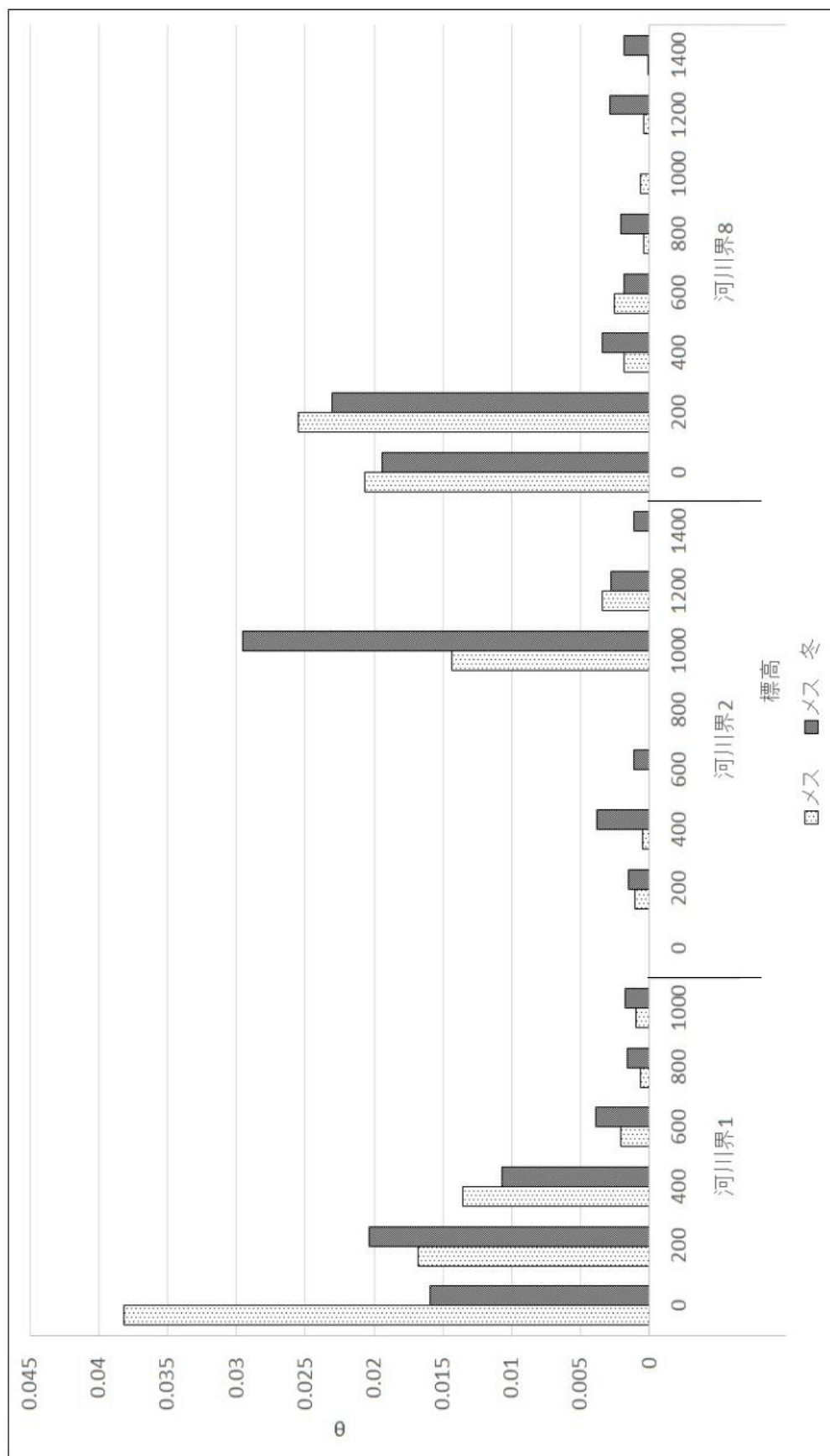


図 6: ヤクシカ個体ごとの移動軌跡

## 考察

### ヤクシカの生息密度状況

平成 25 年度のヤクシカ生息密度推定結果では、西部、北東部の推定生息密度が高いという結果が出ている（図 7）。しかし生息密度が同様に高くても、ヤクシカの移動は環境要因や捕獲圧などの要因に影響を受けており、移動パターンは異なっていた（西部は定住的、北東部は標高をまたいでの移動 図 2 及び図 6）。そのため、地域ごとの分析を行っていく必要がある。

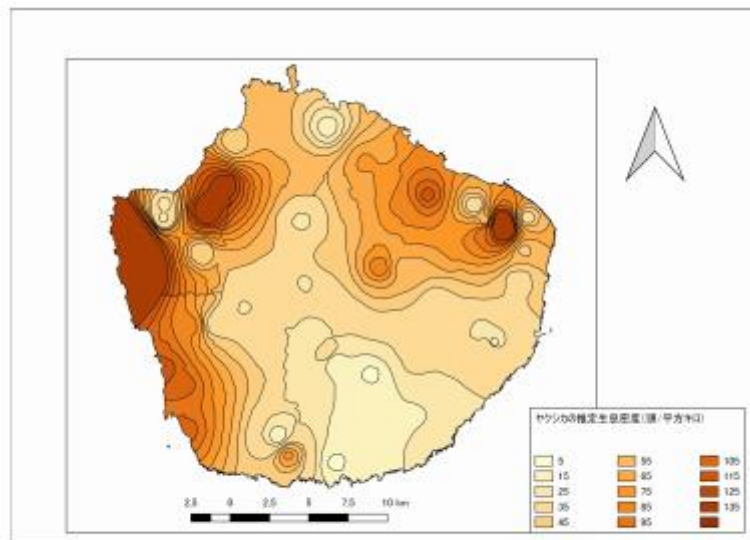


図 7: 平成 25 年度のヤクシカ推定生息密度<sup>1</sup>

### 河川界別区域における捕獲手法の検討

河川界区分 1 に生息するヤクシカは平成 23~24 年度の調査では標高 0m~600m の範囲を行動圏としていた。この区域では沿岸部の低標高域で継続的に捕獲圧をかけており、平成 27 年度のヤクシカの植生被害調査では被害程度が減少した兆候が見られている。このことから低標高域での捕獲が有効である可能性が示唆された。一方で河川界区分 2,8 に生息するヤクシカのメスは定住的であり、これらの地域では直接ヤクシカの生息箇所での捕獲を実施することが効果的であると考えられる。

今後ヤクシカの適切な個体数管理を行っていくうえでは、①ヤクシカの移動状況、②森林生態系の被害状況、③ヤクシカの生息密度状況、の三つの観点から計画を策定する必要がある。これらの情報は整理されつつあるが、現在未捕獲地域での大きな課題は捕獲自体の合意形成である。研究者や登山客にも配慮した個体数管理を実施するためには、正確にヤクシカの移動状況を把握し、適切な個体数管理計画を検討する必要がある。

## 植生被害状況調査結果の再検討

Chesson の餌資源選択指数について

Ivlev の餌選択指数は簡便で広く用いられているが、環境中の資源の相対量が変化したときに資源選択指数も大きく変化するため、摂餌者の行動を必ずしも反映せず、さらに、異なる資源密度で実施した実験間の比較もできないという欠点がある<sup>2)</sup>。そこで本年度のとりまとめでは、環境中の資源密度の影響を受けず、ヤクシカの行動を反映しやすい Chesson の餌選択指数を求めた<sup>3)</sup>。

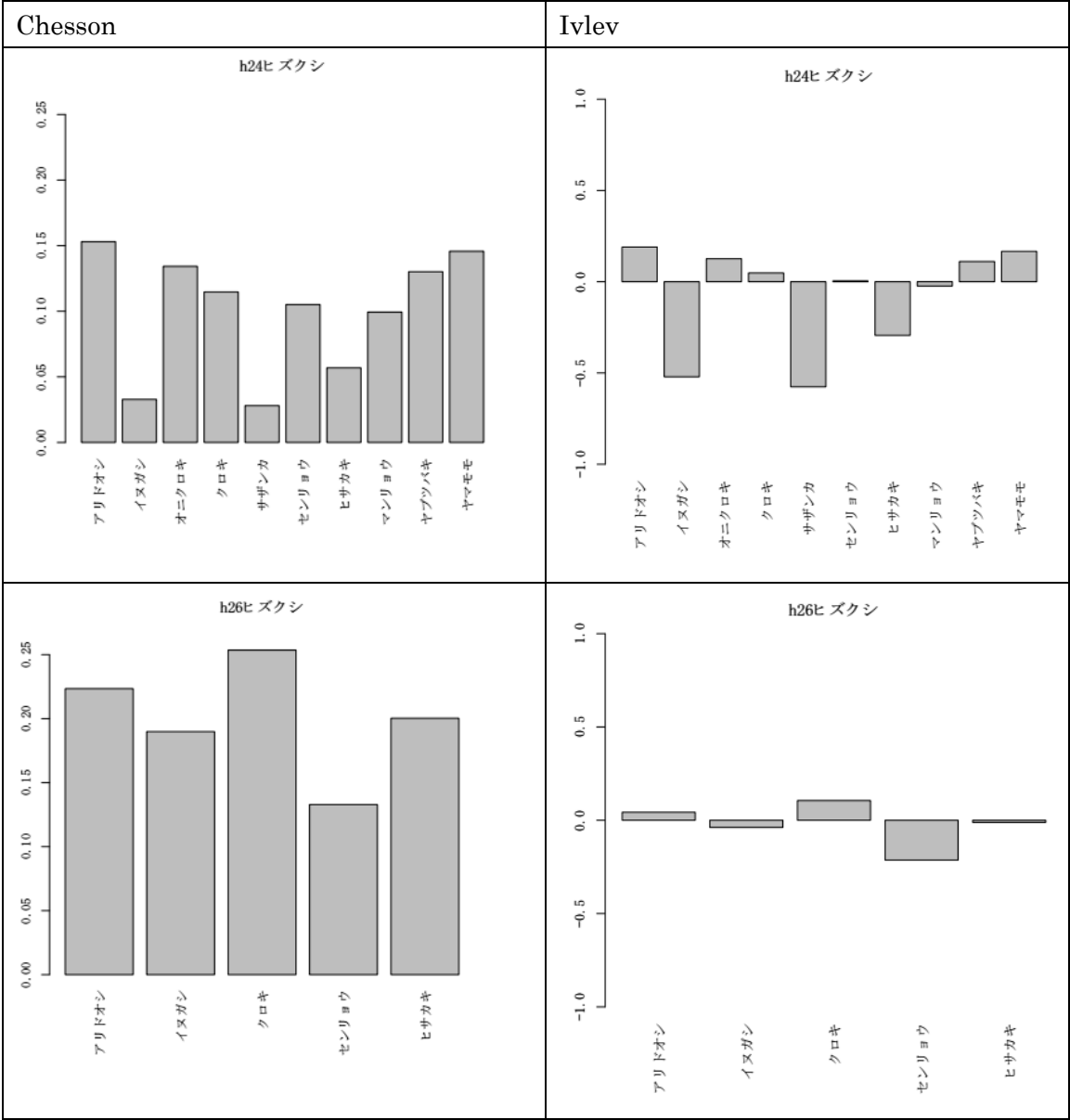
餌資源選択指数を算出するにあたって、出現本数が 10 本以下のものについては除外した。

調査個所

| 地域区分 | 登山道   | 調査実施年           |
|------|-------|-----------------|
| 北部   | 一湊林道  | 平成 24 年、平成 26 年 |
| 北東部  | 愛子西   | 平成 24 年、平成 26 年 |
|      | 愛子東   | 平成 24 年、平成 27 年 |
| 南部   | 中間林道  | 平成 24 年、平成 26 年 |
|      | 湯泊林道  | 平成 24 年、平成 27 年 |
|      | 尾之間下  | 平成 24 年         |
| 西部   | ヒズクシ  | 平成 24 年、平成 26 年 |
|      | 瀬切    | 平成 24 年         |
|      | 川原    | 平成 24 年         |
|      | 半山    | 平成 24 年         |
|      | 大川林道  | 平成 24 年、平成 27 年 |
| 中央部  | 淀川登山口 | 平成 26 年、平成 27 年 |
|      | 宮之浦林道 | 平成 24 年、平成 27 年 |

IVLEVとCHESSONの指数の比較（西部、北東部、北部、中央部、南部）

西部

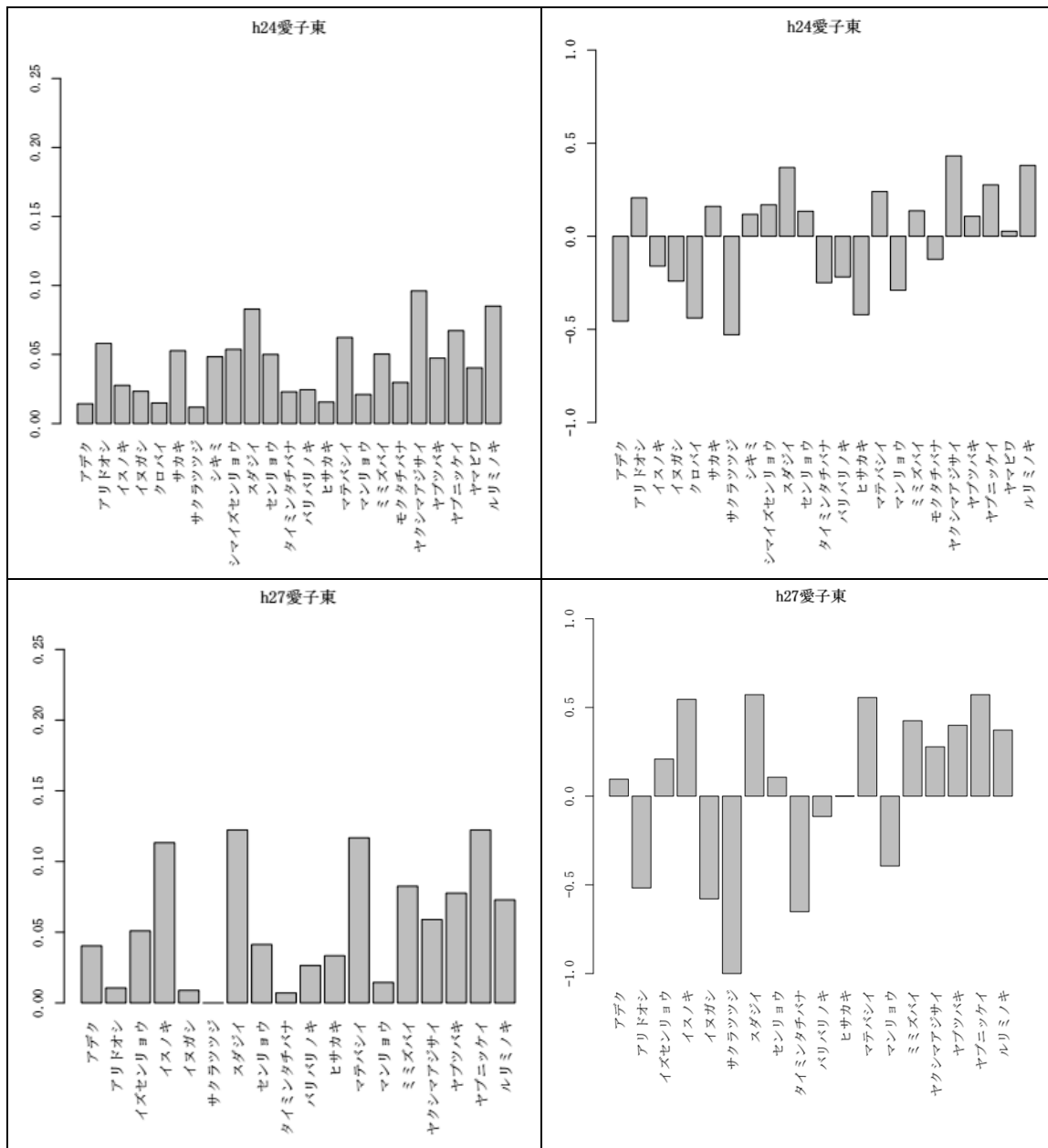


消滅種

オニクロキ、サザンカ、マンリョウ、ヤブツバキ、ヤマモモ

出現種

なし

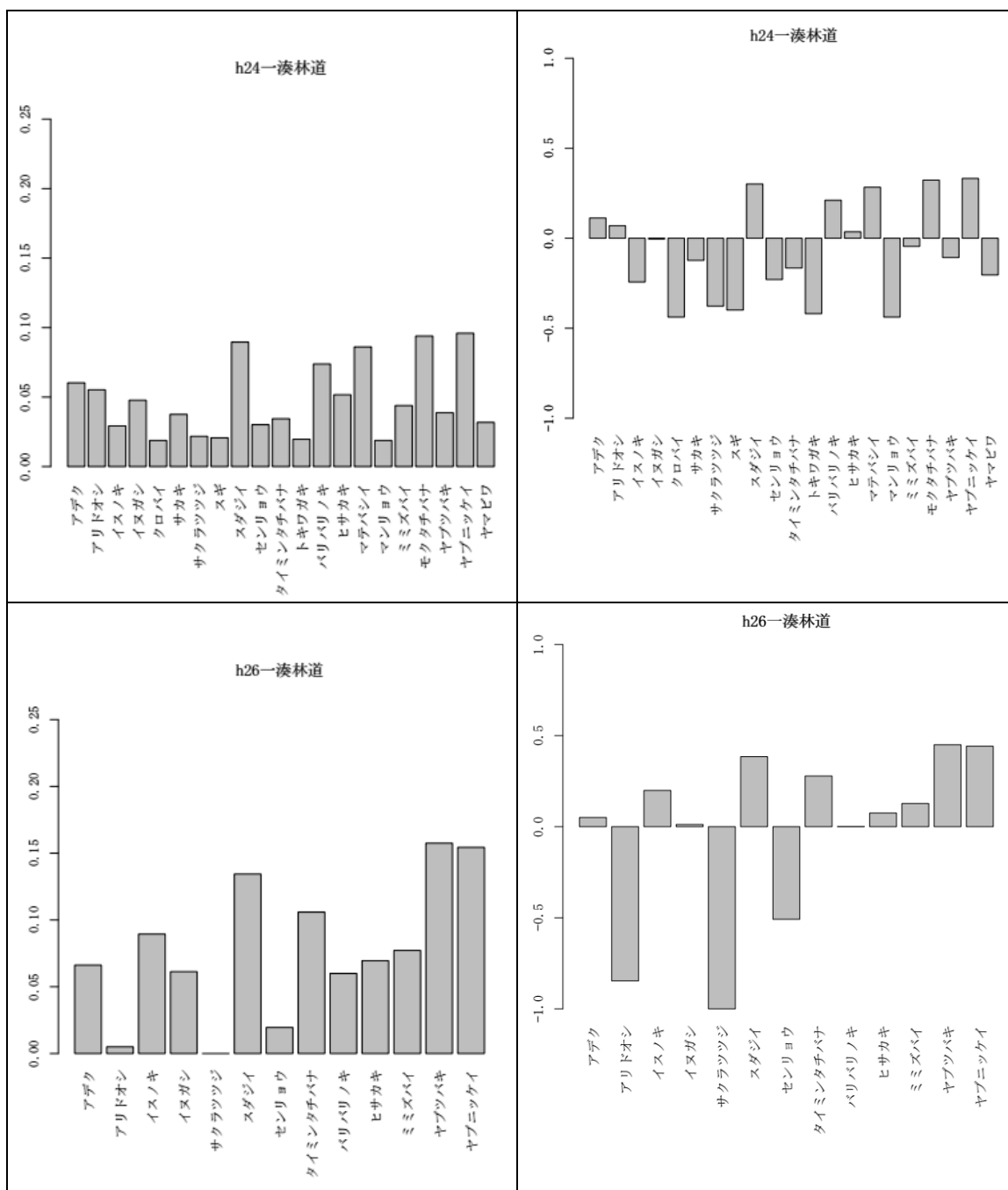


### 消滅種

クロバイ、サカキ、シキミ、シマイズセンリョウ、モクタチバナ、ヤマビロ

### 出現種

イズセンリョウ

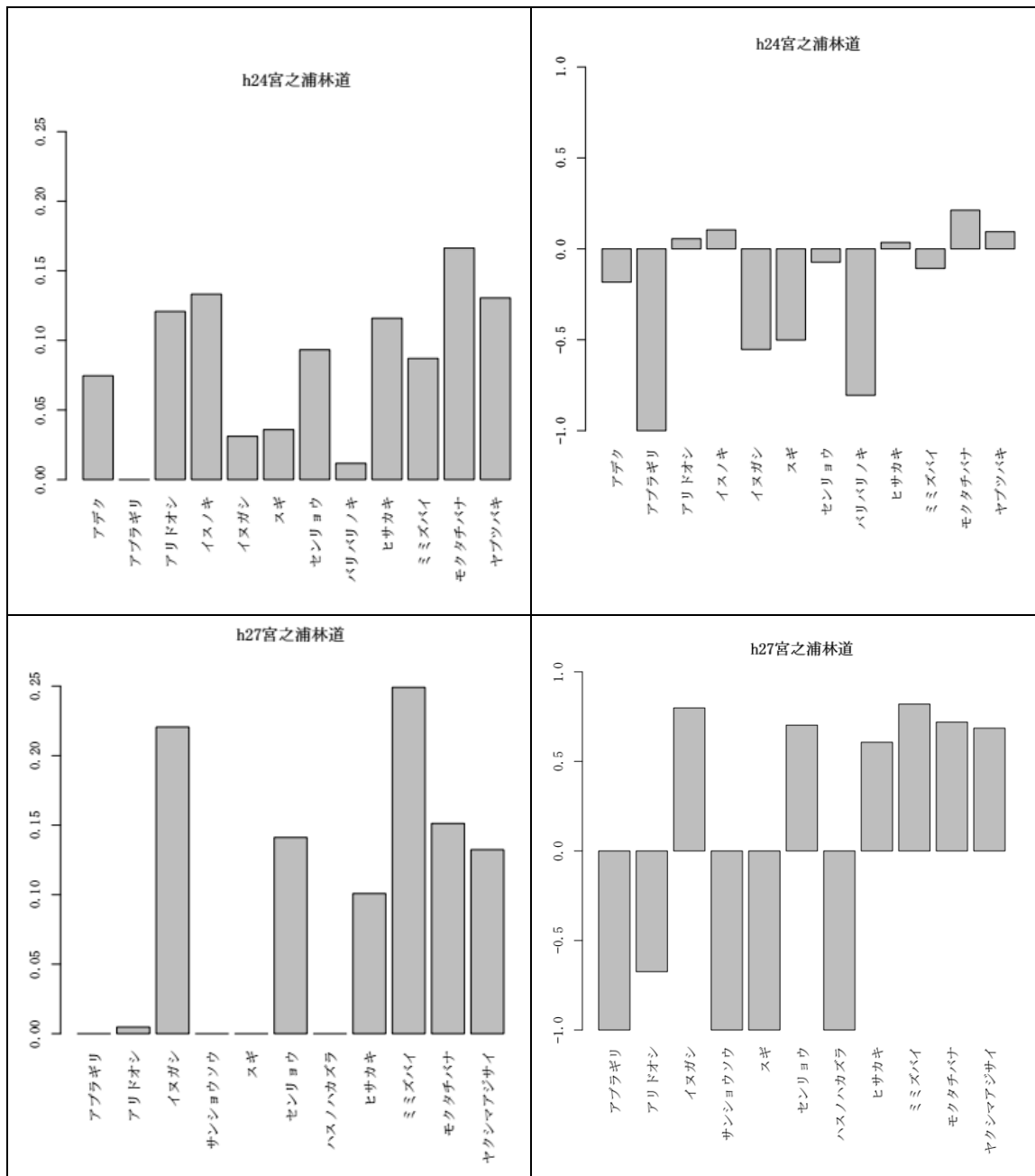


#### 消滅種

クロバイ、サカキ、スギ、トキワガキ、マテバシイ、マンリョウ、モクタチバナ、ヤマビロ

#### 出現種

なし

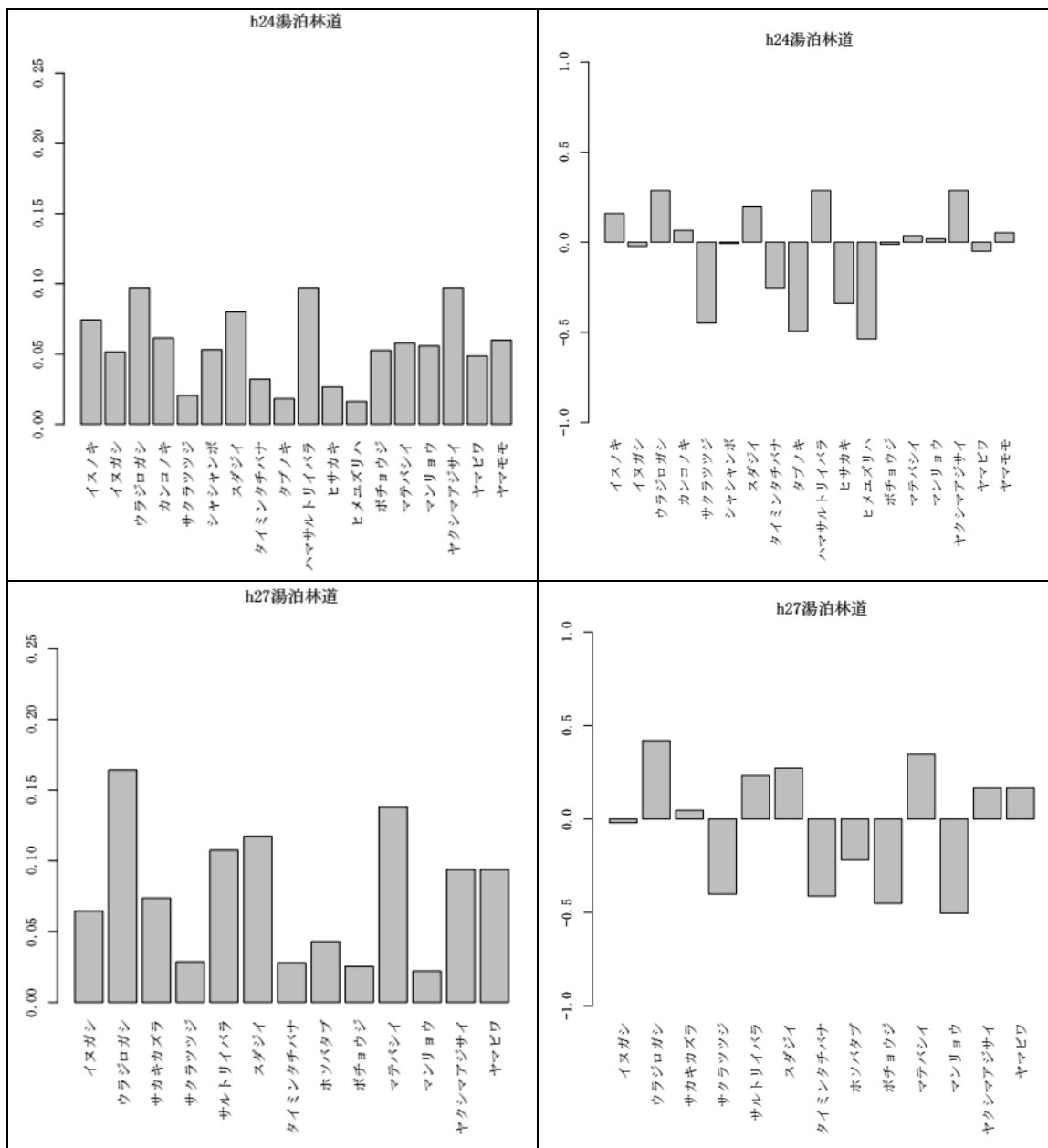


#### 消滅種

アデク、イスノキ、バリバリノキ、ヤブツバキ

#### 出現種

サンショウ、ハノハカズラ、ヤクシマアジサイ



### 消滅種

イスノキ、カンコノキ、シヤシャンボ、タブノキ、ハマサルトリイバラ、ヒサカキ、ヒメユズリハ、ヤマモモ

### 出現種

サカキ、サルトリイバラ、ホソバタブ

---

1)平成 25 年度 環境省調査結果資料より

2)田中由香里．マハタ仔魚のワムシサイズに対する餌資源選択性、日本水産学会  
2005;71(6),911-916

3) ChessonJ. The estimation and analysis of preference and its relationship to foraging models . Ecology 1983 ; 64 : 1297 –1304