

# 15時から開始します

- 15:00 夏原最終講義
- 16:00 かつての大学院生の研究
  - オオサンショウウオ
  - 芦生原生林のシカと水生昆虫
  - カヤネズミ
- 16:30ころ終了

ミュートに設定をお願いします

# 名古屋大学での10年間(2010-2021)



# こんなことをやってきました

## 保全生態学

人間社会の持続性のために、生物多様性は不可欠です。生物多様性の保全は保護区だけでは達成できず、農林水産業など人間活動との共存を考える必要があります。里山や都市での生態系管理を研究しています。



# ランドスケープの 保全生物学

夏原由博

# ランドスケープって何？

いのちの物語が演じられる空間



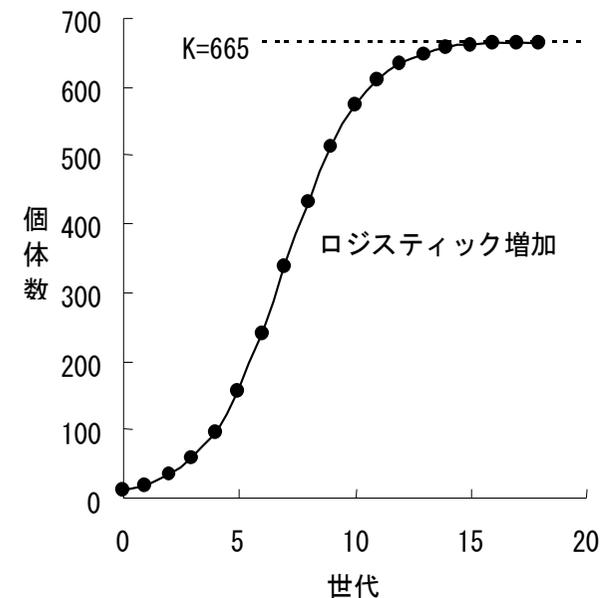
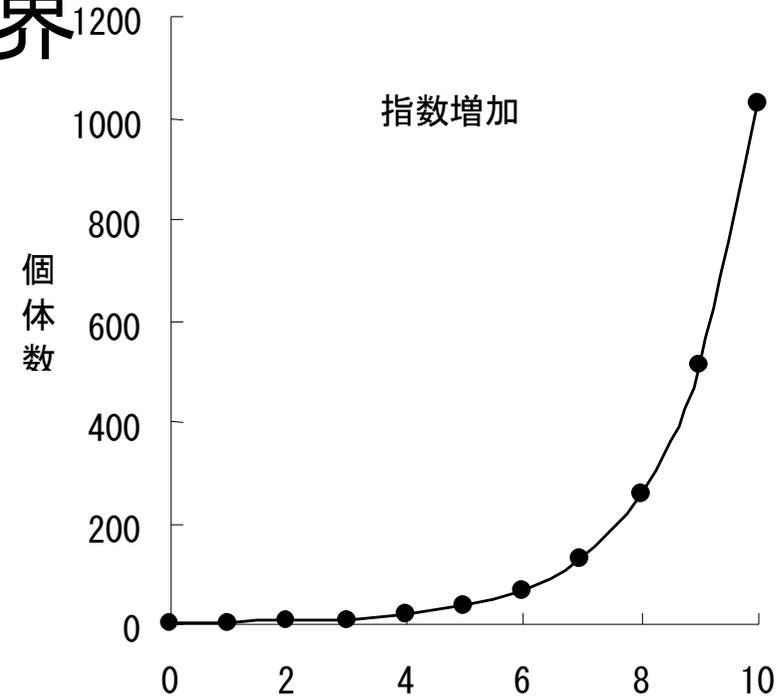
写真にとると景色だが、森や草地それぞれに生態学的機能がある  
不均質な世界：ランドスケープのパターンに応じたプロセスが存在する

# 内容

- 空間をどうとらえるか
- 不均質空間の昆虫生態学
- 不均質空間を考えた生物の保全
- 都市緑地の順応的管理

# ランドスケープのない世界 増えよ地に満ちよ

- マルサス(1798) 人口論
- Verhulst (1838) & Pearl (1920) ロジスティックモデル



ロジスティック曲線 (Pearl 1929より)

# 捕食者と被捕食者

- Lotka (1910) & Volterra (1926) モデル
- Gause (1934) 生存競争

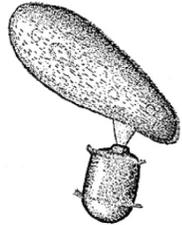
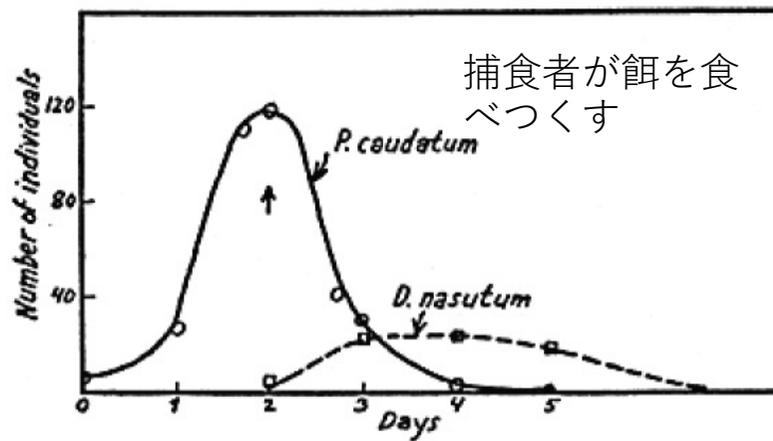
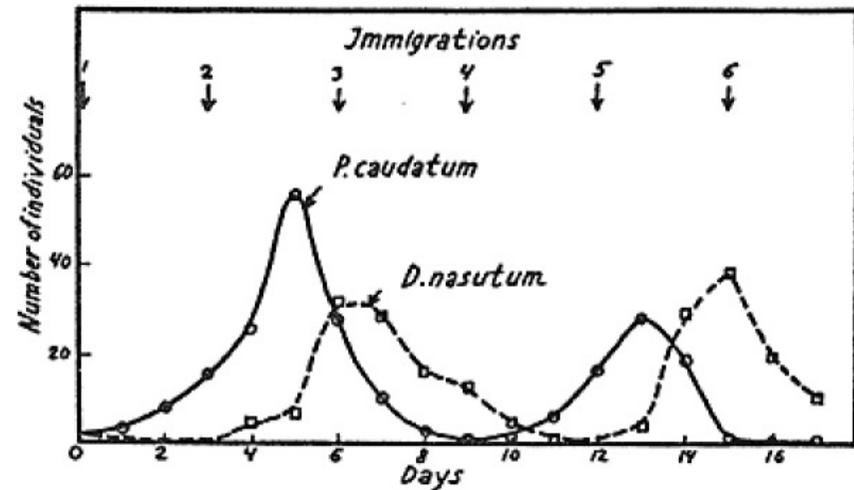
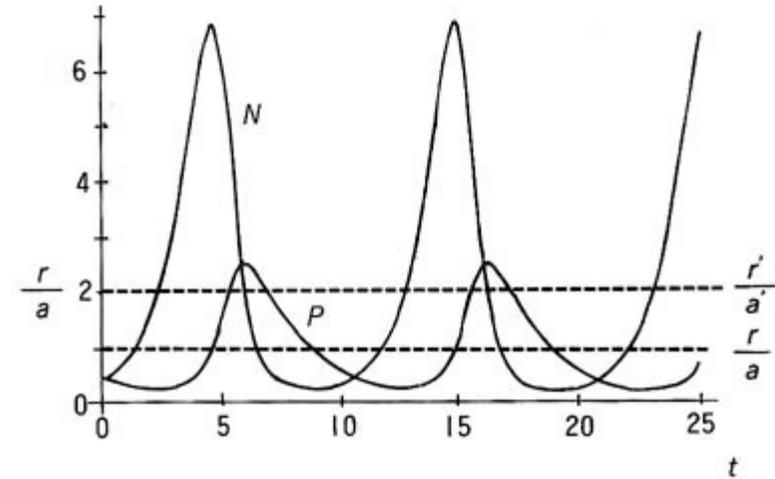


Fig. 27. *Didinium nasutum* devouring *Paramecium caudatum*



飼育実験では持続しない

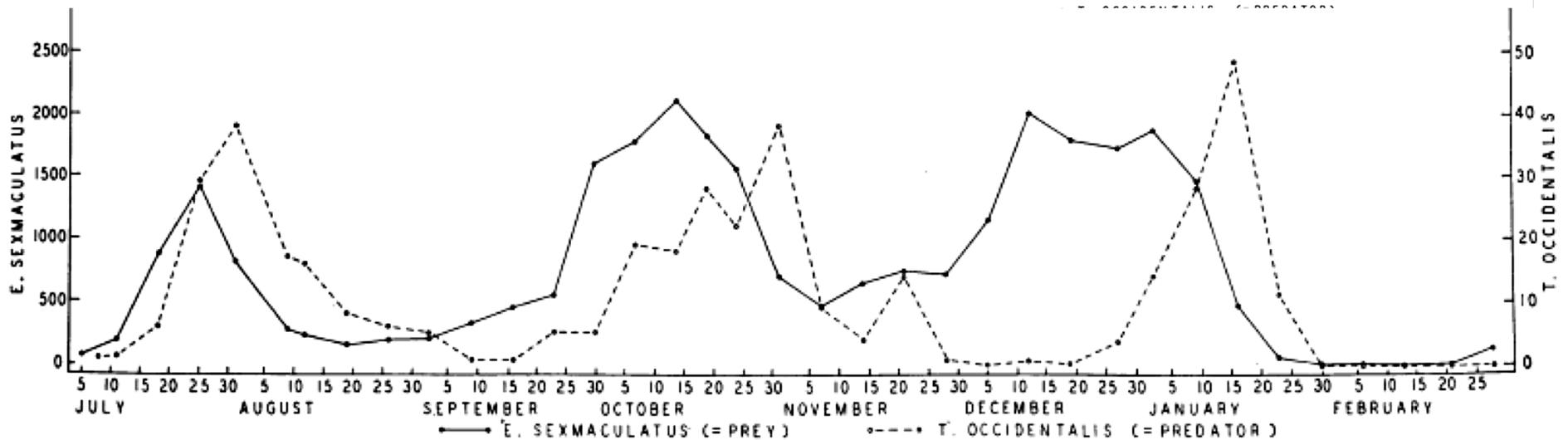
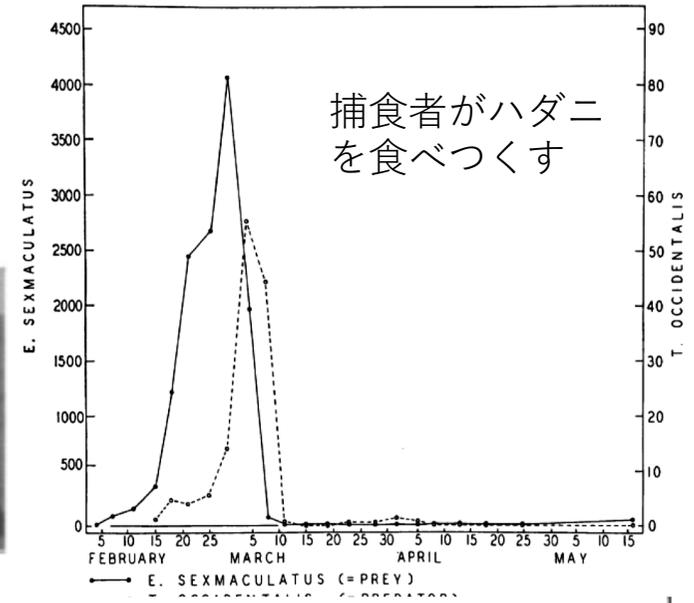
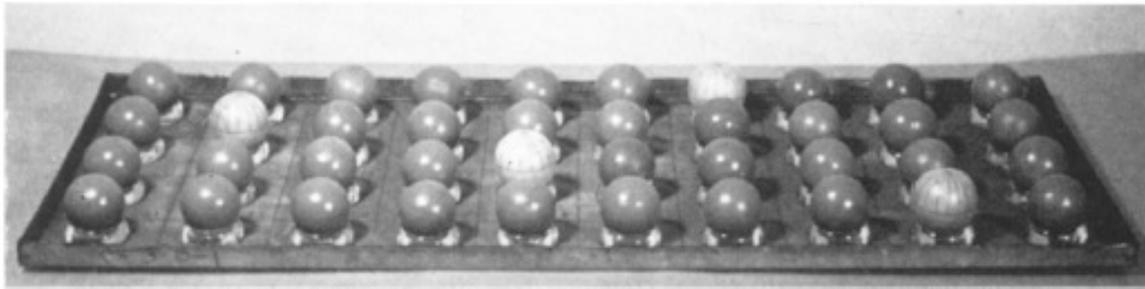
モデルでの変動を伴う共存



モデルの前提を壊す (移入) と持続

# ハダニと捕食性ダニ (Huffaker 1958)

空間をデザインすることによって、持続可能なプロセスを生じさせた

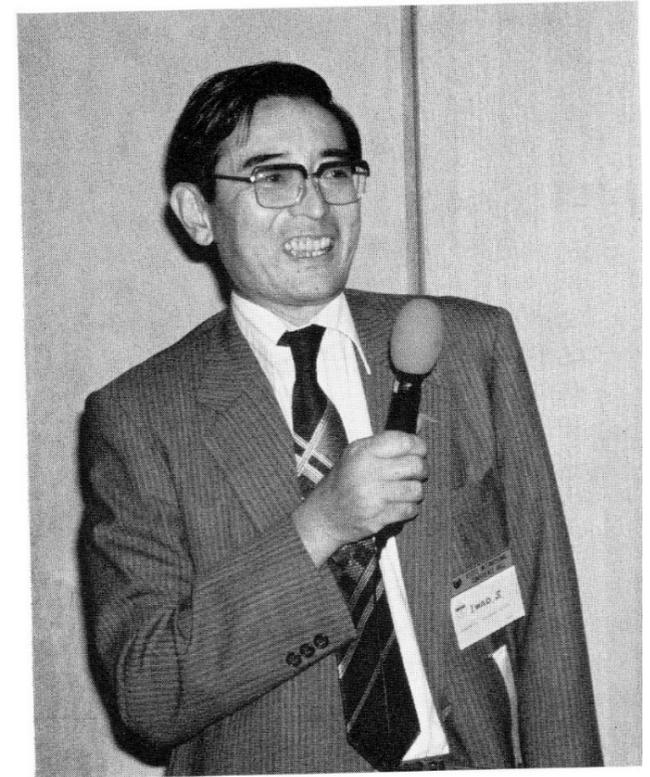


# 不均質な生息場所

- den Boer (1968): リスクの分散
  - 個体数や環境の変動は絶滅のリスクを分散するような性質を進化させる
- Levins (1969) メタ個体群
- Iwao (1970): 種の生息場所はすべて広い空間スケールで見ると不連続に分布し、生息場所の質と量は時間的・空間的に常に変化しつづけている。したがって、すべての動物の個体群研究は、個体数の時間的変化を個体群の空間構造と関連させてとらえねばならない。

# 不均質空間の昆虫生態学

- 京都大学昆虫学研究室
- 初代教授：湯浅八郎
  - 今西錦司、可児藤吉、森下正明、
  - 内田俊郎
- 私の指導教員
  - 巖俊一、久野英二、中筋房雄、井上民次、大崎直太
  - 藤崎憲治



個体群生態学会バンケットにて会長あいさつを行な  
(1980年7月5日、京大会館にて)

# 可児(1944)

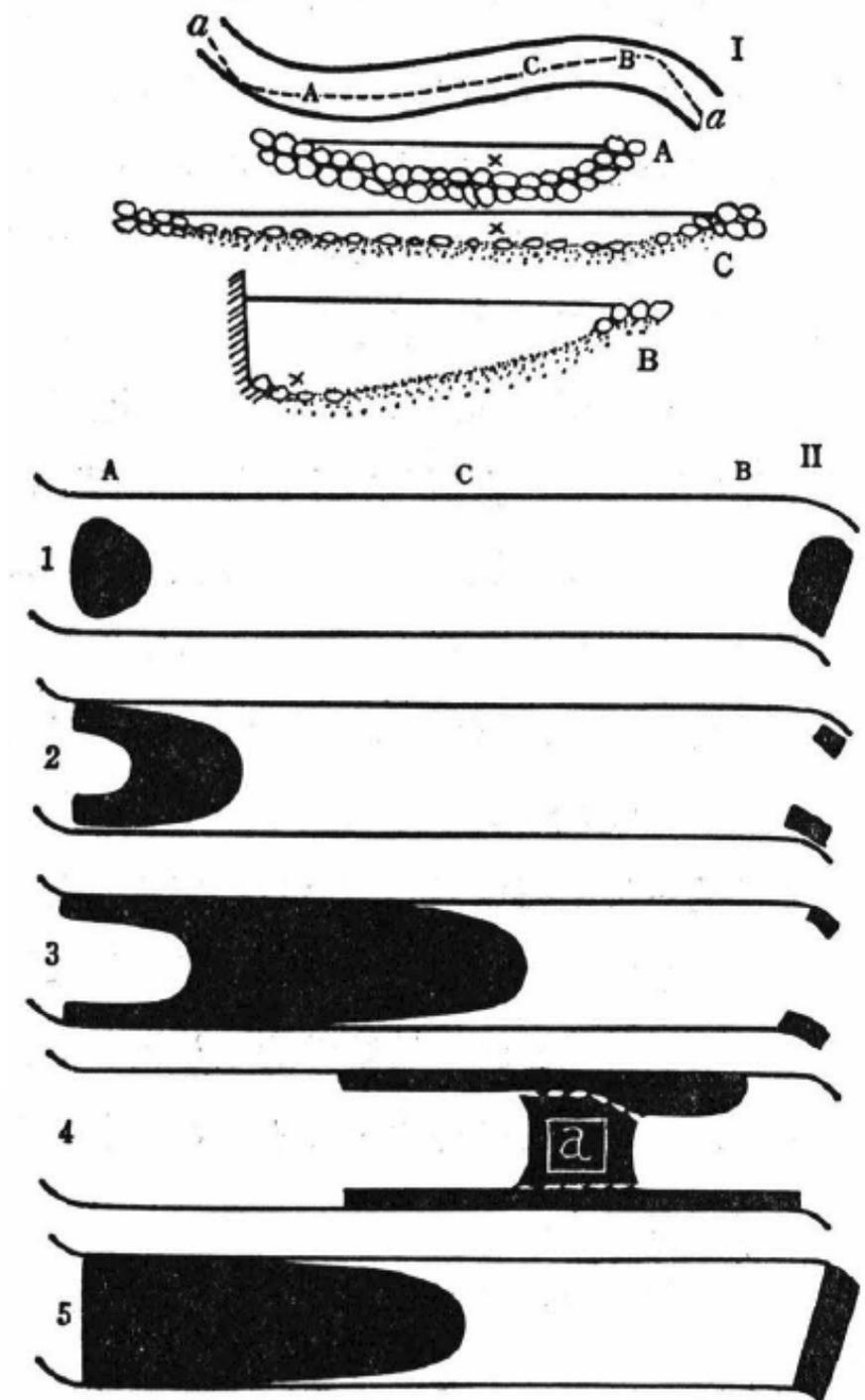


森下正明研究記念財団

<https://reference.morisita.or.jp/kani.html>

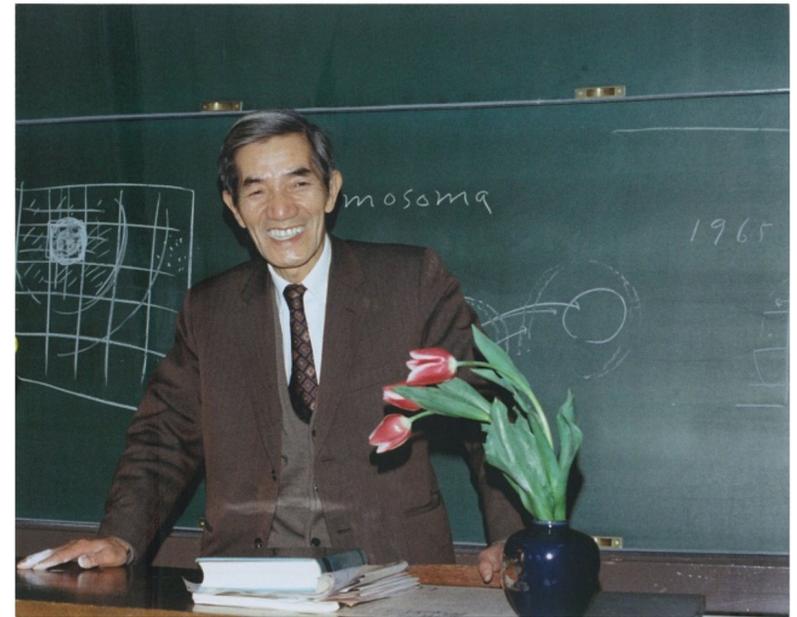
図14 I: 川の横断図. II: 加茂川, 市原村付近における川の構成単位内における *Epeorus-Ecdyonurus* 昆虫の占位状態模式図.

a-a: 流心線. ×: 流心線の位置. A: 早瀬. B: 淵. C: 平瀬. 1 *Epeorus uenoi* Imanishi, 2 *Ep. curvatus* Matsumura, 3 *Ep. latifolium* Ueno, 4 *Ecdyonurus yoshidae* Takahashi. 5 *Epeorus ikanonis* Imanishi



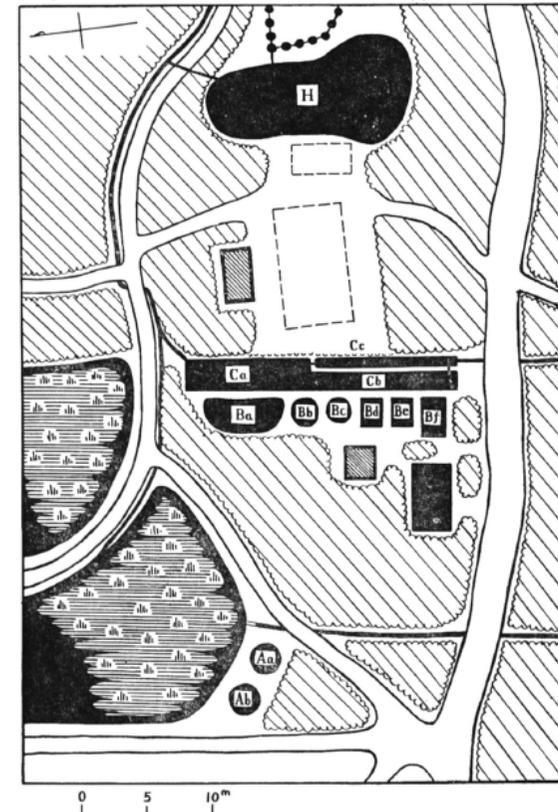
# 森下(1950)

- 京大植物園の複数の池でヒメアメンボの個体数変動を調査
- 密度が高くなれば集団外へ出る個体が現れ、密度は一定に保たれる。



森下正明研究記念財団

<https://reference.morisita.or.jp/album.html>



1987年 1月 13日

夏原了

小生最近情状とくすし 野々村年々より宿在の  
ことか多しなり。お都合せし給ひ 予を 通申上りし事  
かこれより申せしに左。

小生の論文中、(17)(60)式と等しき結果を  
おたすぬすか、こゝらとては 経験式<sup>\*</sup>の 理論計  
ではあらず。たゞ人工群集に於てかゝる式  
適用せしむるに 定用は 役立つと考へまし (1334  
今後よく検討すべし心合ふべし)  
御返書 別刷 有難に申上り。御研究の 進展を  
祈りて。

了 下 下 明

\*

(17), (60) 式の中

$$S_1 \frac{S}{S-S_1}$$

は  $S_0$  の一つの推定値なり。然るに  $S_0$  は 近似値  
にて推定するに由り。  $S_2$  (2個体の推定),  $S_3$  (3個体の  
推定) 等を用い、推定の方法を試みたりしに於て  
簡明 ( $S_2, S_3$  は 推定値とてよい) に比較的よく適合  
するものとて 上記  $S_1 \frac{S}{S-S_1}$  を 採用するに  
したるなり。 (17) 式にこれを用ひ補へしに由りし。  
よる  $\theta$  の値は 推定値とて (60) 式を考慮し  
たり。

上記の諸式は 今回用ひる人工群集諸型より、  
マシムに適用し 其の適合と検討したるに於て、  
もし 全経路か) type の自然群集に適用すれば  
あつたりし可なりと考へしに由りし。こゝら  
今後の検討の 課題にたりし。

# 鞍馬川沿いの畑

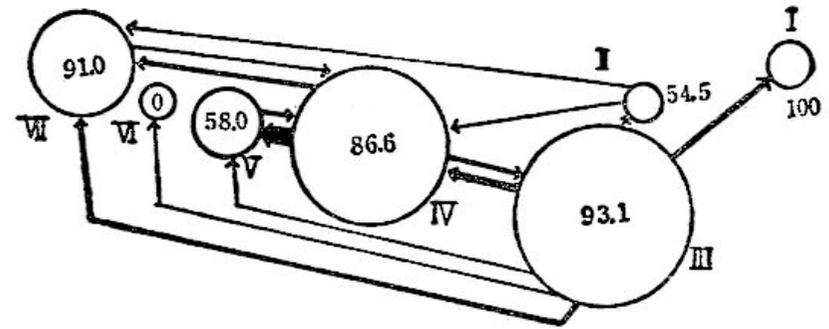


Google Earth

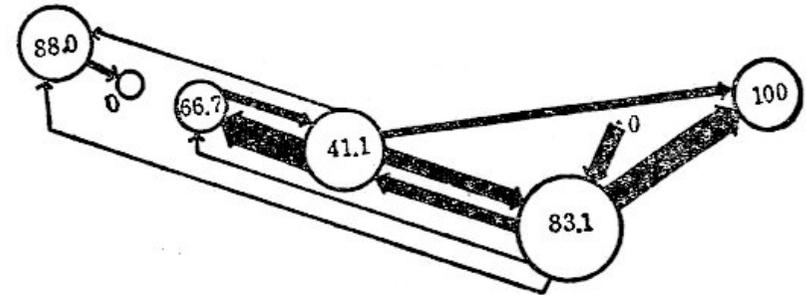


異なる作物がパッチ状に植えられている

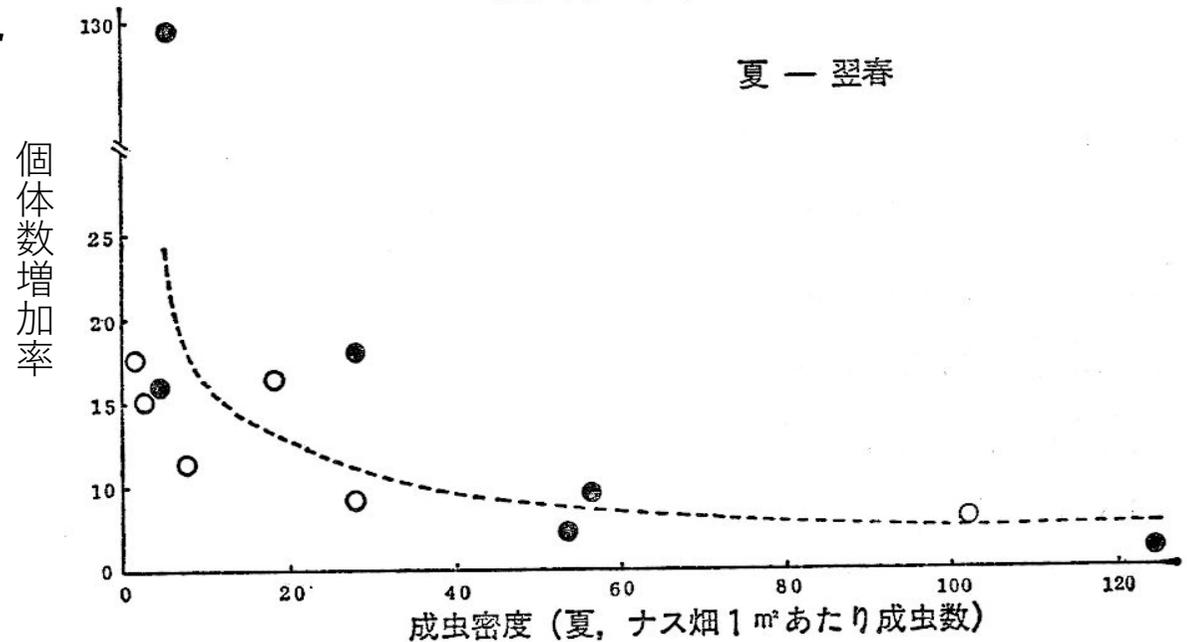
夏



秋



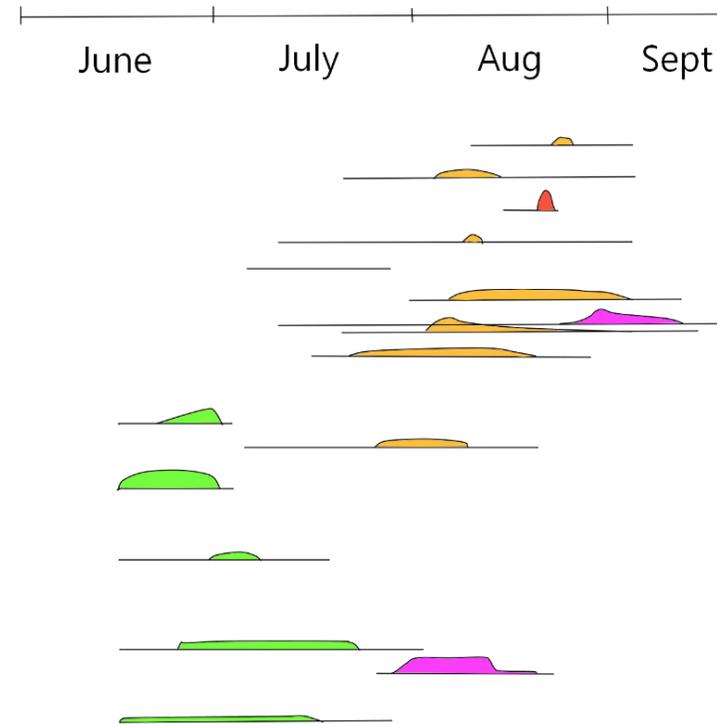
夏 - 翌春



# Iwao (1970)

- 鞍馬の畑でオオニジュウヤホシテントウの個体数変動と移動を調査
- 高密度になると成虫の移動率が高まることによって密度調節が働く

# 豆を吸汁するホソヘリカメムシ



豆作物のフェノロジー  
空間・時間の変化が大きい

# 不均質環境へのホソヘリカメムシの対応

長日

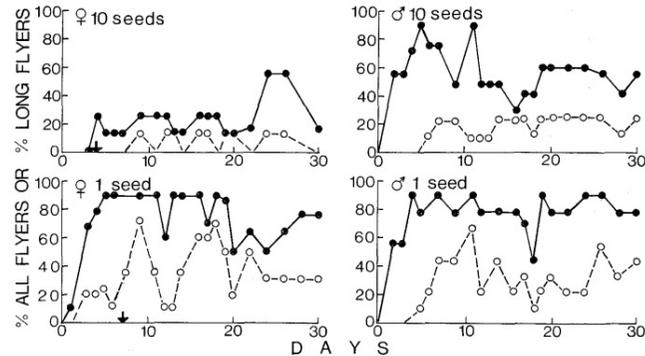


Fig. 2. Effects of the amount of food on flight activity of bugs reared under 16L8D photoperiod. One and 10 adzuki bean seeds were supplied, respectively. (27.5°C) ●: % of all flyers, ○: % of long flyers (>10 min). Arrows indicate the time that 50% females began to lay eggs.

短日

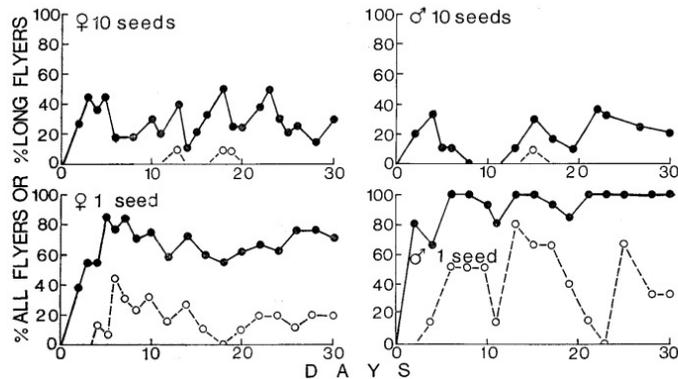
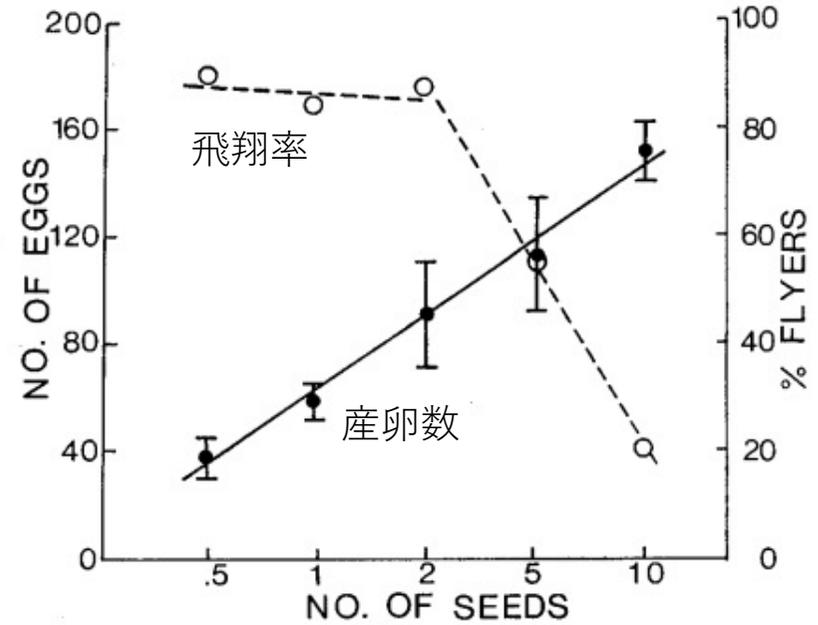


Fig. 3. Effects of the amount of food on flight activity of bugs reared under 11L13D photoperiod. One or 10 adzuki bean seeds were supplied, respectively. (27.5°C) ●: % of all flyers, ○: % of long flyers (>10 min).



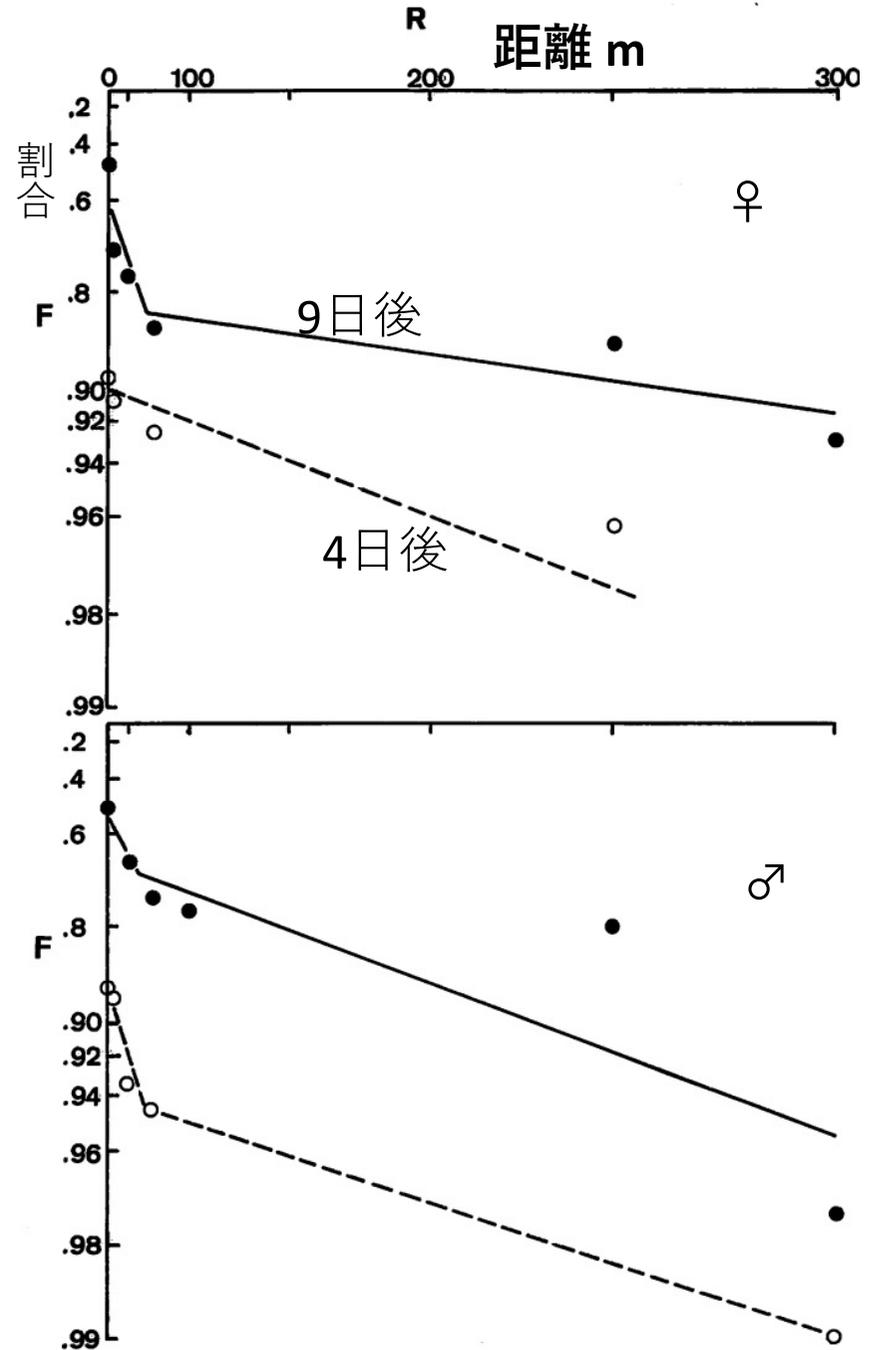
- 短日では産卵しない
- 十分な餌があると飛ばない
- 中程度の餌では飛ぶ
- 長日でオスは常に飛ぶ

# 2種類の動き

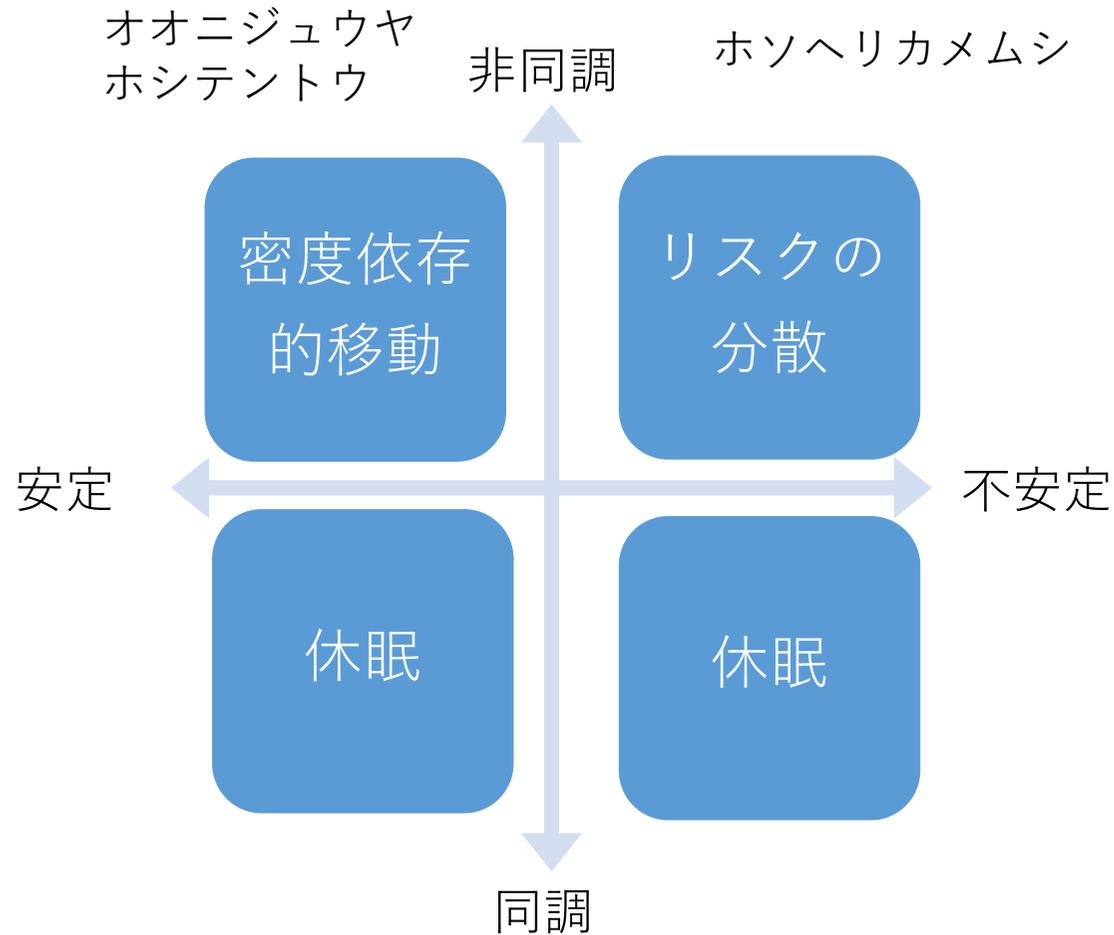
60m内程度のランダムウォーク  
100mを超える移動

♀は4日以内では90%が元の場所から動かないが9日後には短距離のランダムウォークをしている

♂は4日目にはランダムウォークを開始



# 資源の時空変化と生活史



同じ空間でも、種にとって異なるランドスケープ



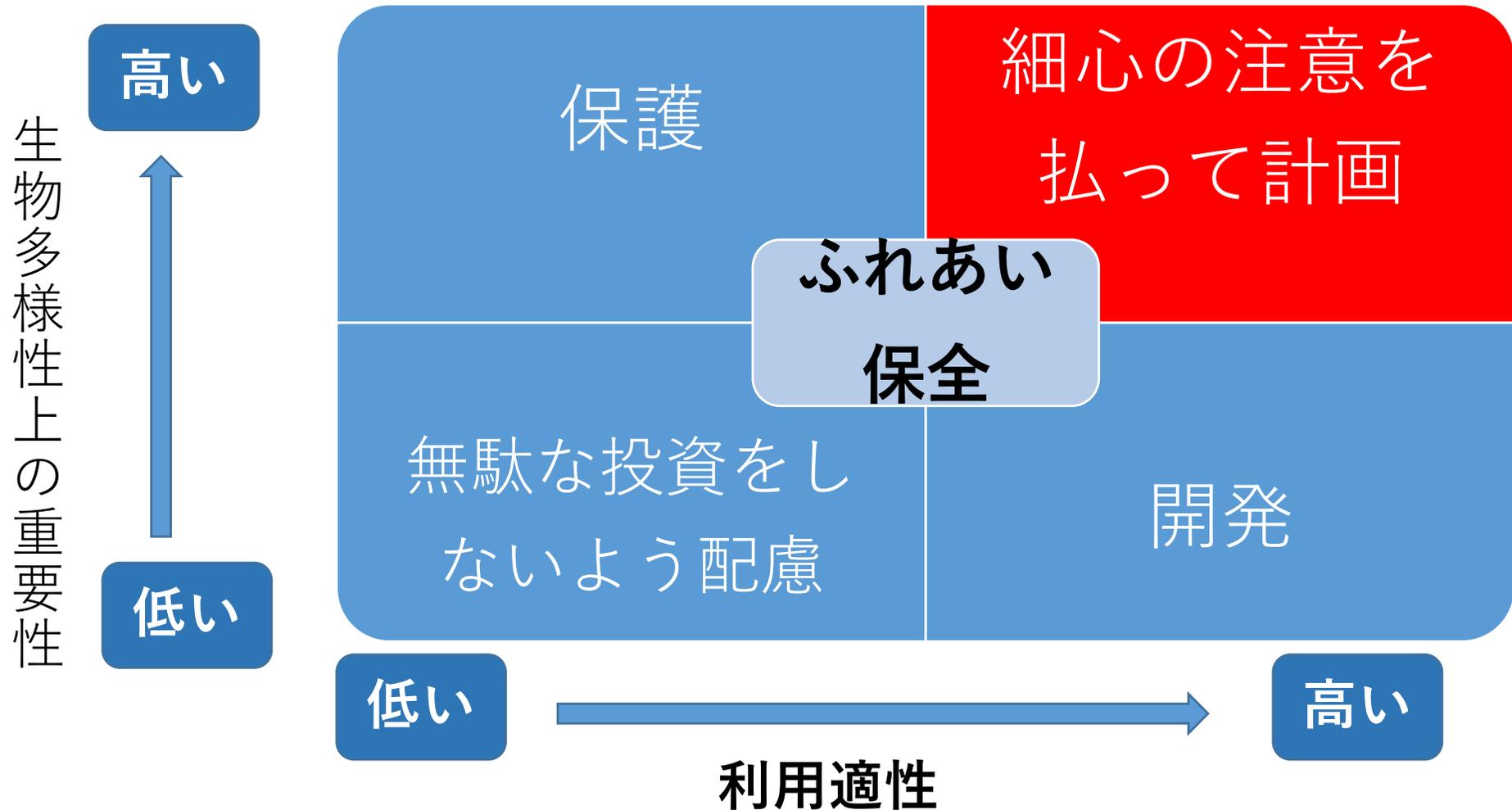
種ごとに異なるプロセス



# 不均質空間を考えた生物の保全

- 健康診断：広域的な多様性評価
- 精密検査：要注意場所の評価と予測
- 治療：自然再生デザイン

# 不均質空間を考えた生物の保全



# 旧カスミサンショウウオを例に考える

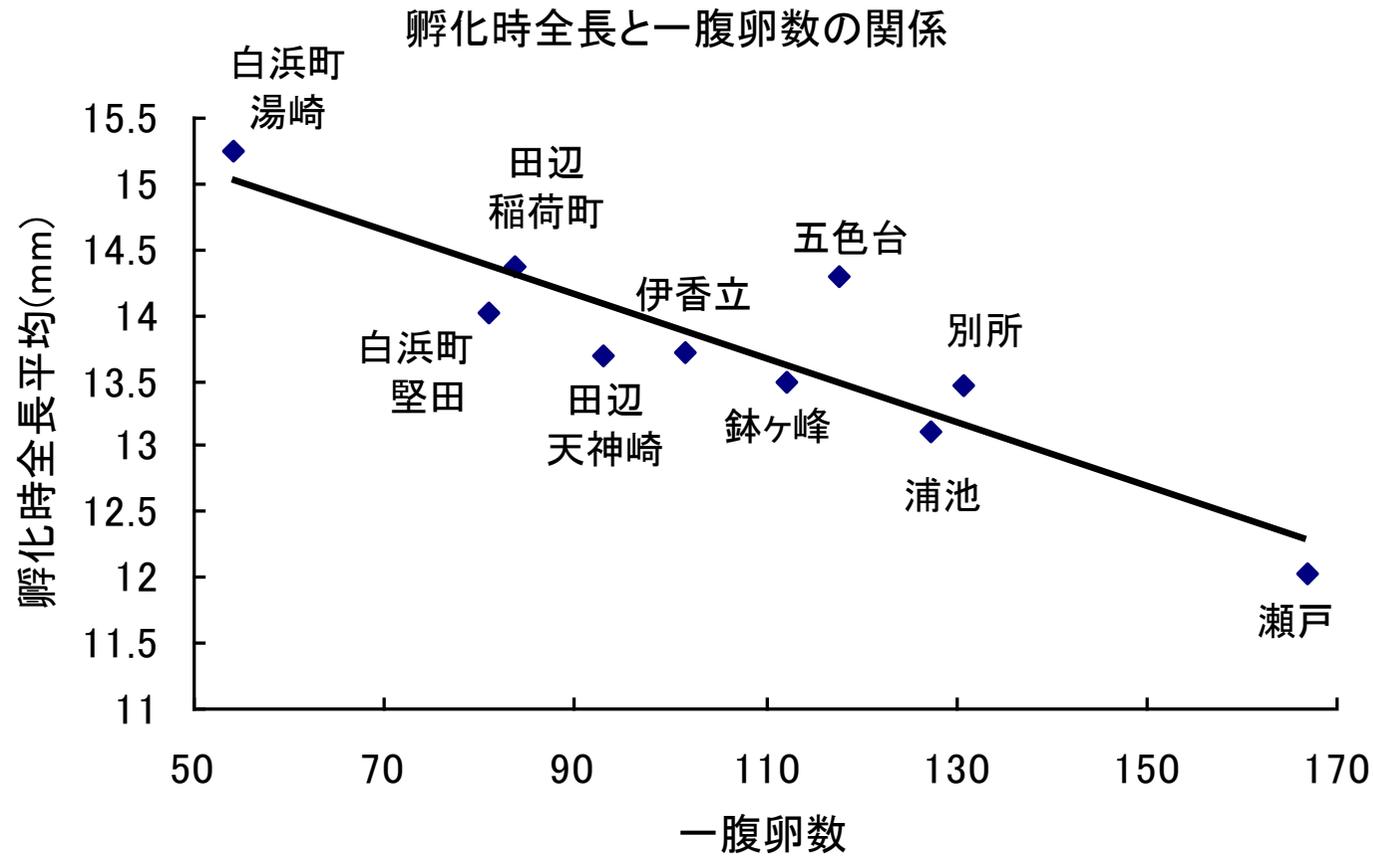
広い分布と形態の地理的変異



## 旧カスミサンショウウオの生息地(府県単位)

現在は9種に分類、愛知県から大阪府に分布するのはヤマトサンショウウオ

# 生活史特性にも集団間変異がある

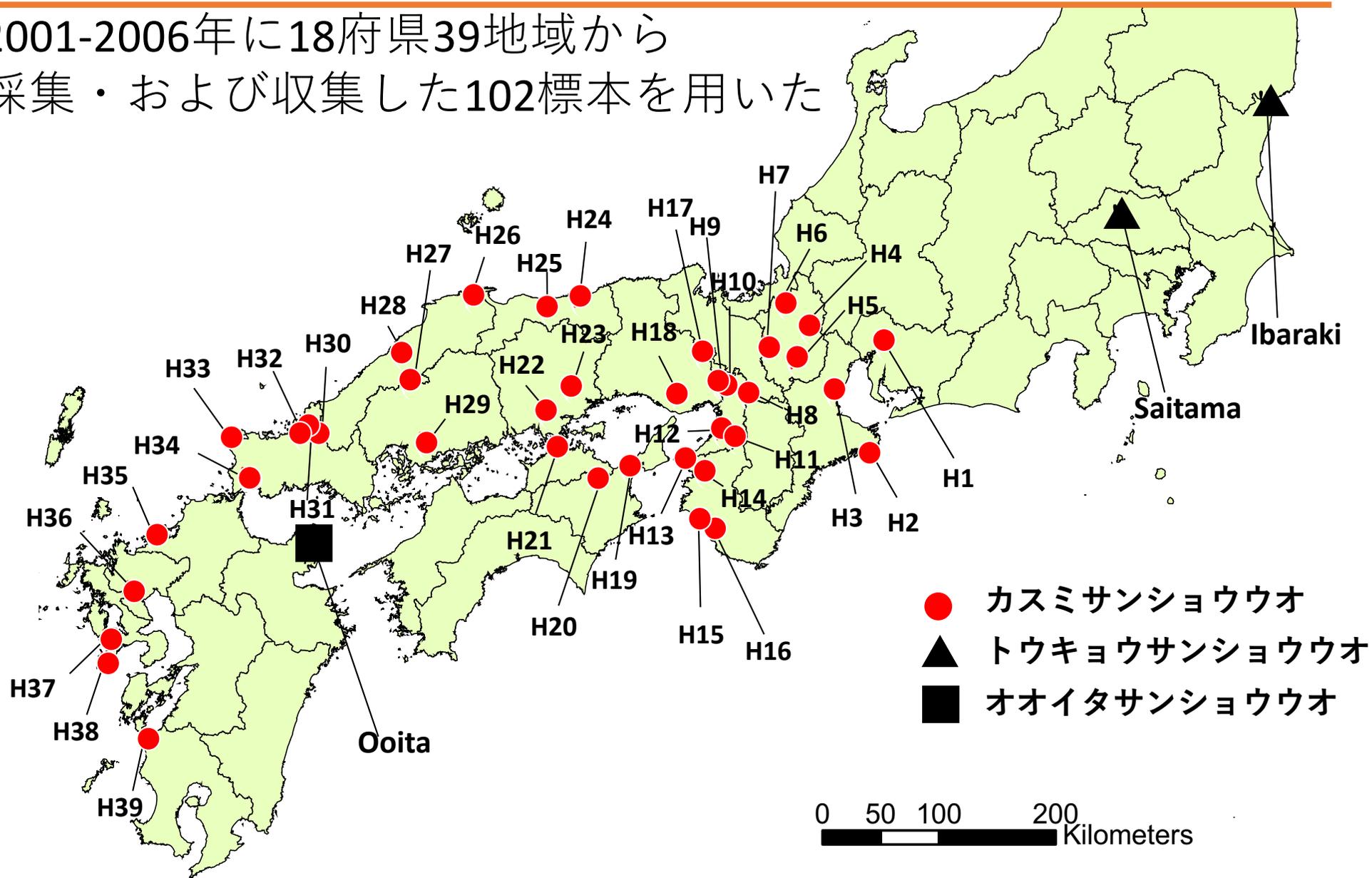


# 手順

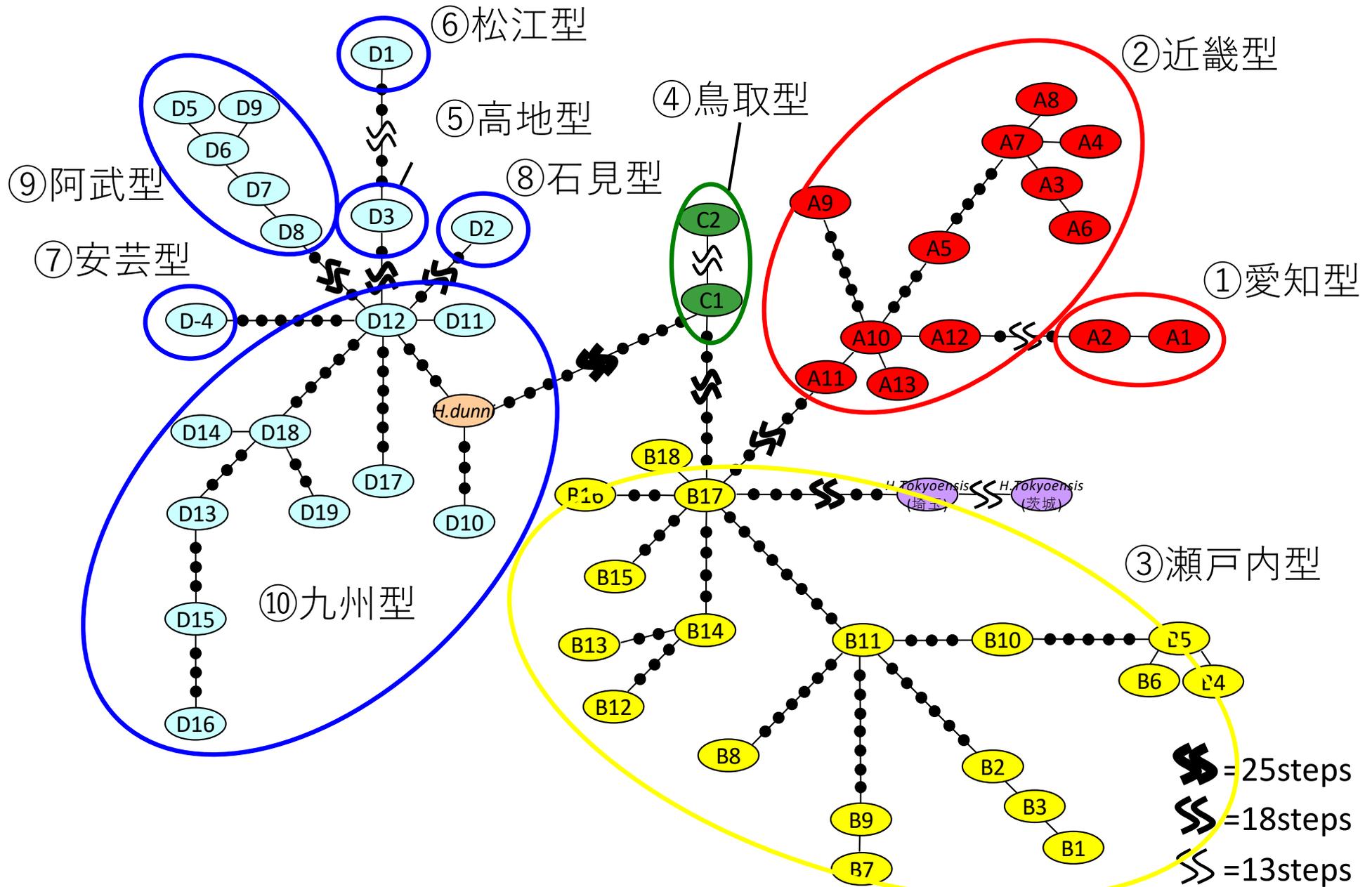
- ミトコンドリアDNAの多型検出
- 遺伝的距離の推定
- 遺伝的距離によるグループ分け→保護単位
  
- 土地利用計画に基づく、土地の脆弱性評価
  
- 保護単位ごとに生息地の脆弱性を評価

# サンプル採集地

2001-2006年に18府県39地域から  
採集・および収集した102標本を用いた



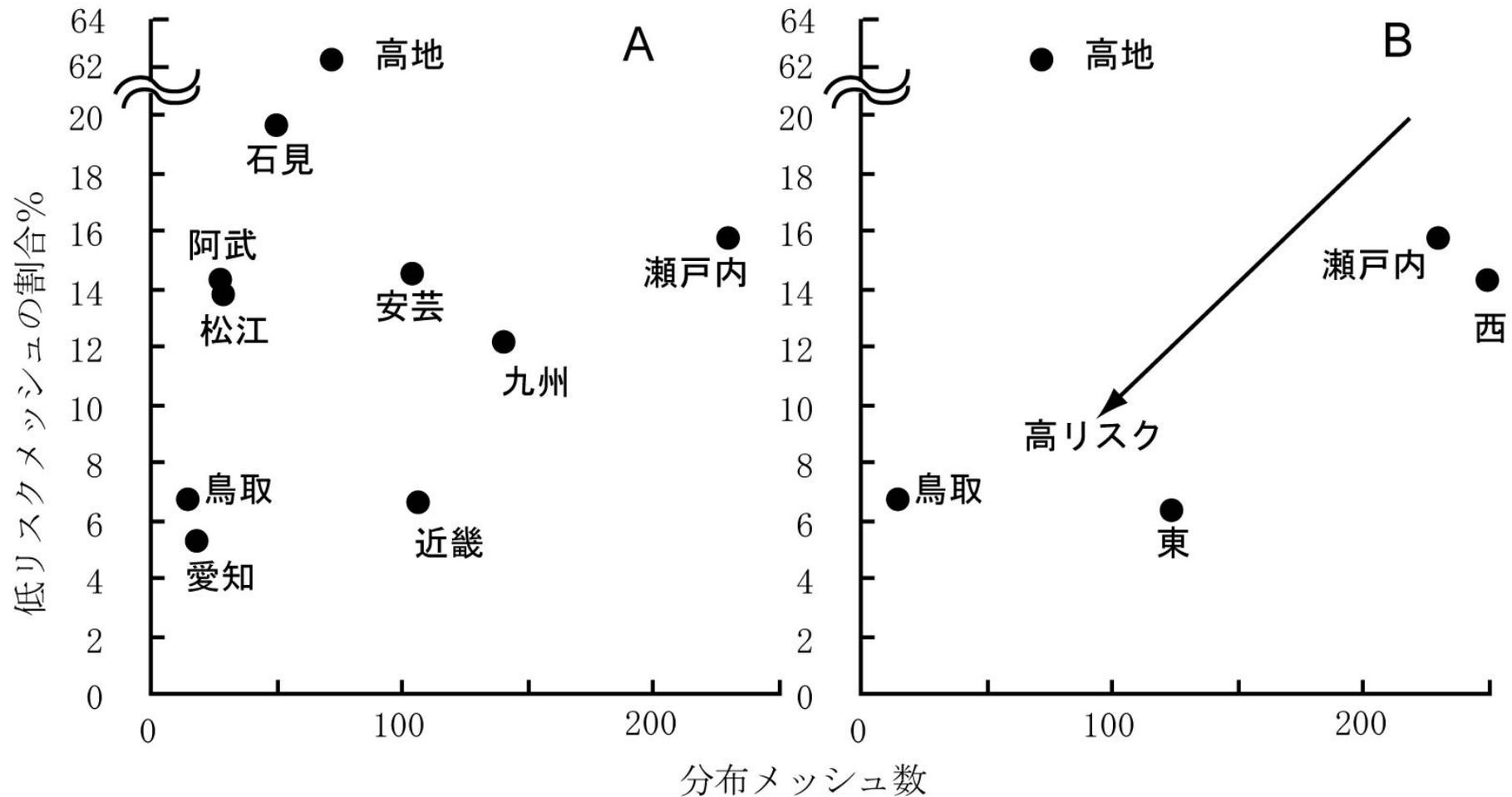
# 保護単位とハプロタイプネットワーク樹



# 土地の保護レベル

	区分	保護レベル
都市地域	市街化区域	5
	市街化調整区域	4
	区域区分が定められていない都市計画区域	5
	その他用途地域	5
農業地域	農用区域	3
	農用地区域以外の農業振興地域	4
森林地域	国有林	2
	地域森林計画対象民有林	3
	保安林	2
	その他の森林地域	3
自然公園地域	特別地域	1
	特別保護区	1
	その他の自然公園地域	2
自然保全地域	原生自然環境保全地域	1
	特別地区	1
	その他の自然保全地域	2

# カスミサンショウウオ地域集団の保護の優先順位



鳥取、愛知集団は緊急な保護対策が必要

# 要注意場所の精密検査

- どこをどのように破壊すれば個体群への影響が大きいか(絶滅リスクの推定)
- どこをどのように保全・再生すれば効果的か

→ 絶滅リスク評価とシナリオ分析

# 孤立した生息地の持つ問題

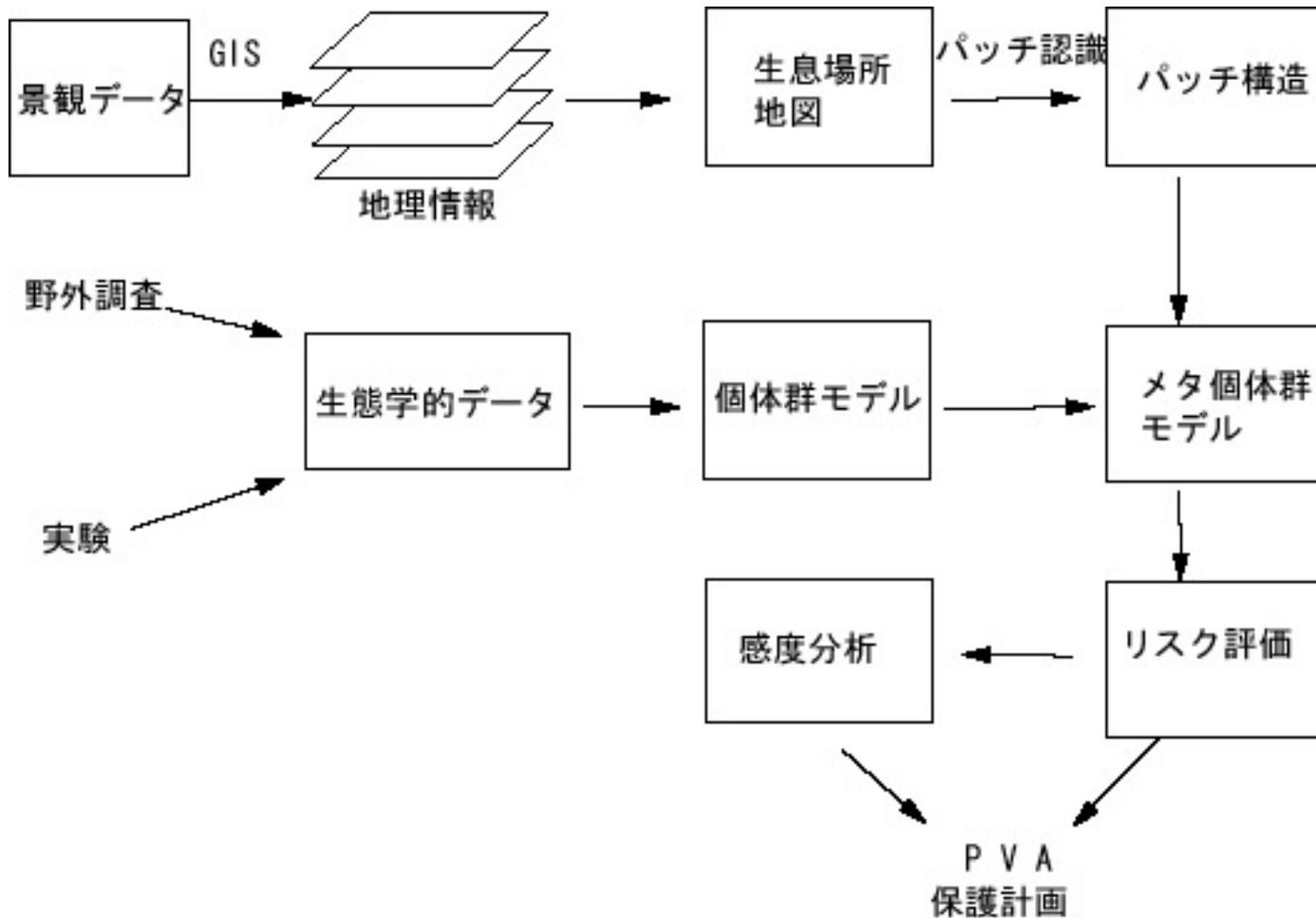
- 生態系の変質
- 個体群の変質  
急激に孤立した小個体群では,
  - 確率的な個体数変動による絶滅
  - 遺伝的荷重による適応度の減少

# 個体群存続可能性分析PVA

- 「種や個体群の危機の状況を認識し，絶滅リスクを評価するための分析」
- 保護が必要とされる種や個体群が将来存続できる可能性はどれくらいなのか，そうした種がある期間絶滅しないためにはどれくらいの個体数が必要なのか，という問いに定量的な回答．
- 絶滅リスクは50年とか100年といった一定期間内に個体群が絶滅する確率で示すことが多い．

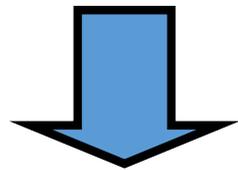
# 個体群存続可能性分析 PVA

種が直面している危機（の原因）を確認し、将来、種が存続する可能性を評価するプロセス



# カスミサンショウウオ保護のシナリオ分析

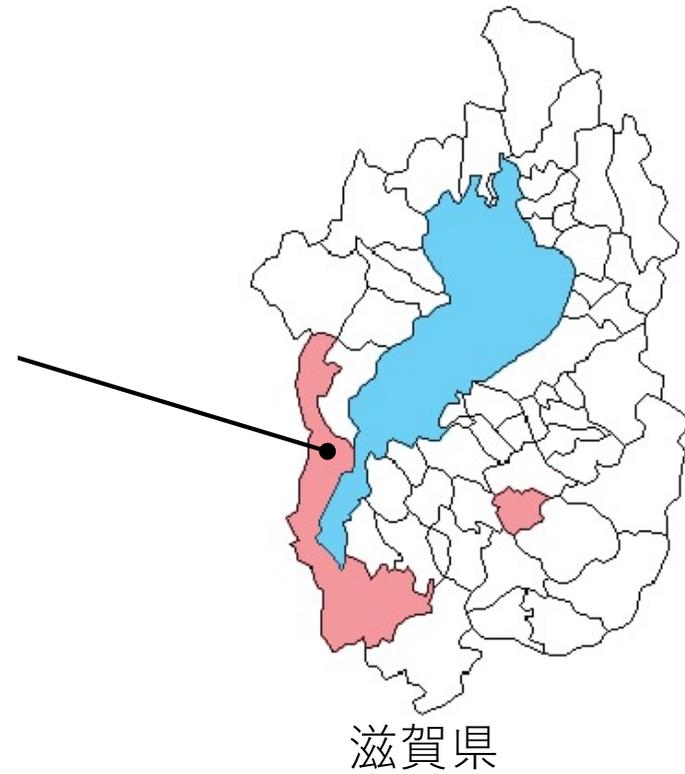
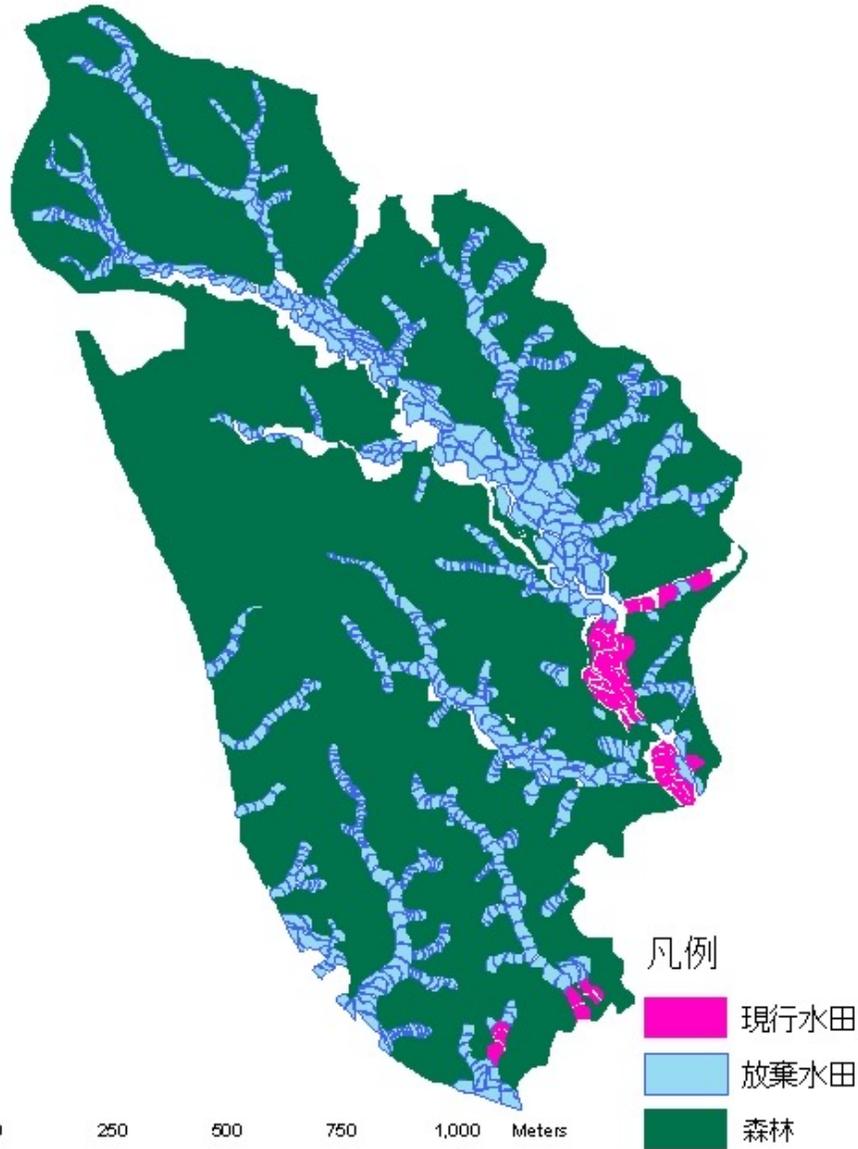
- 分布調査
- 潜在生息場所の推定
- 個体数変動モデル
- 土地変化と保護のシナリオ
- 個体群存続可能性分析

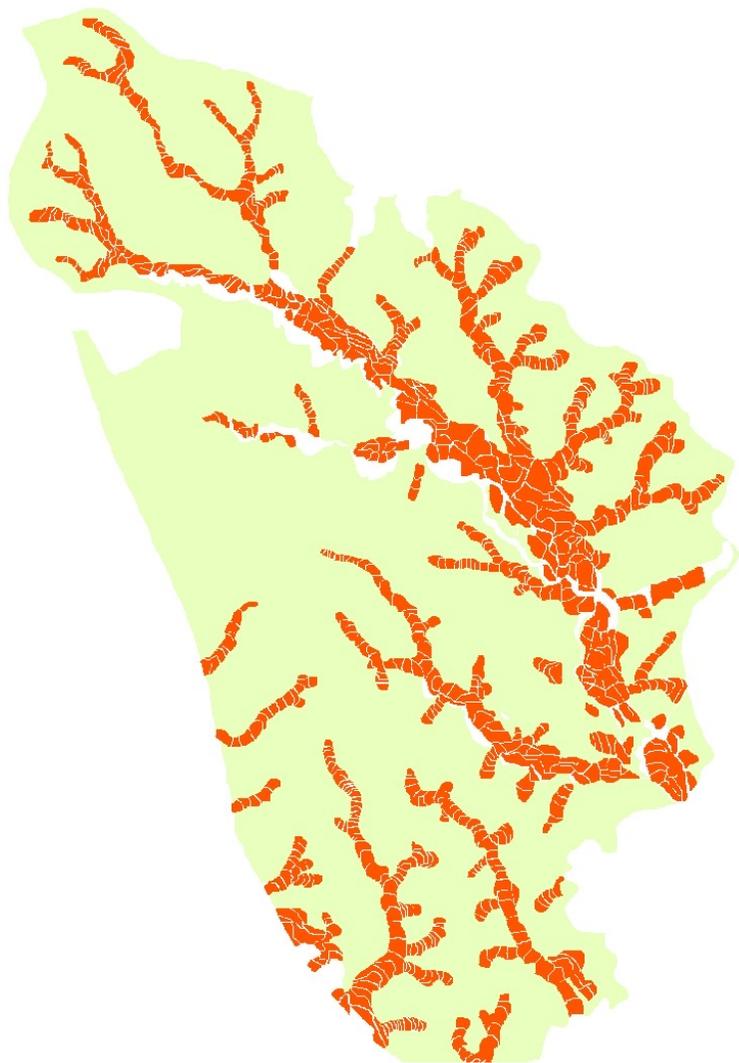


保護計画の策定

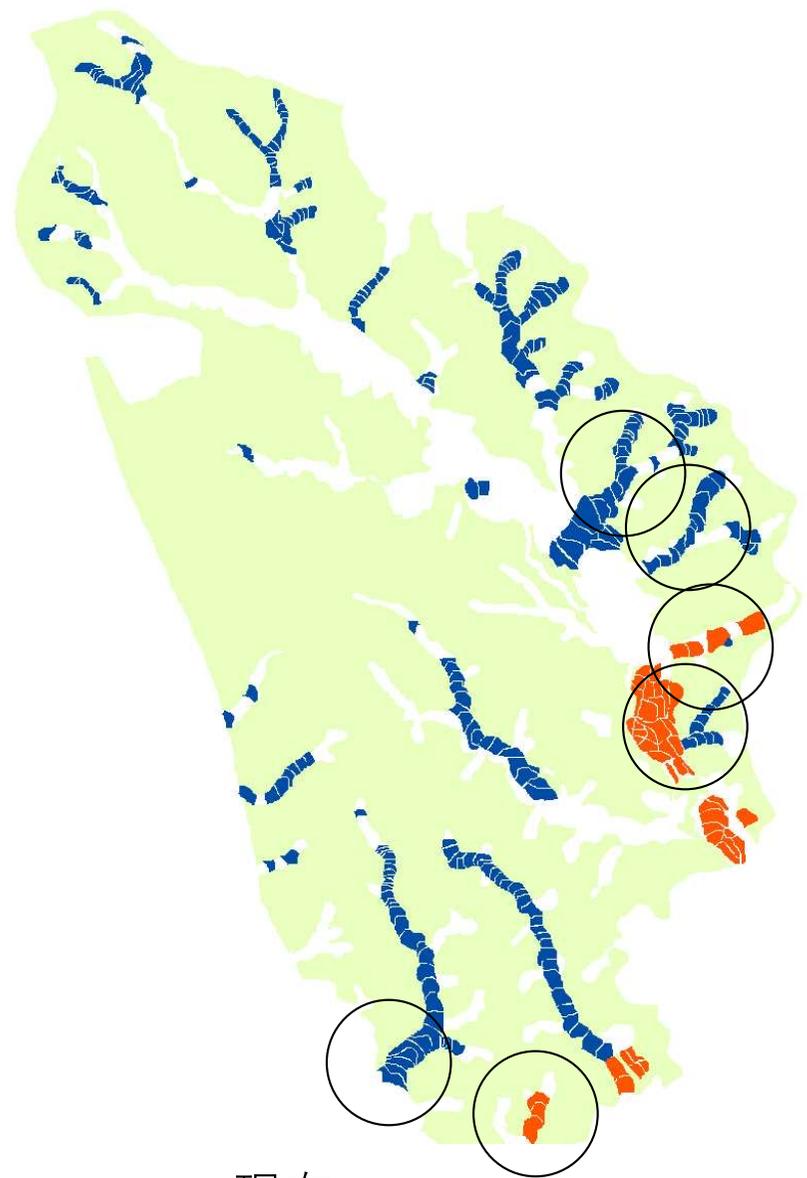
# 対象地

宅地開発が予定されている大津市北部の丘陵





過去



現在

湿地の断片化と現在の生息地点(○印)  
(オレンジは耕作水田, 青は湿地)

# 産卵場所の分布

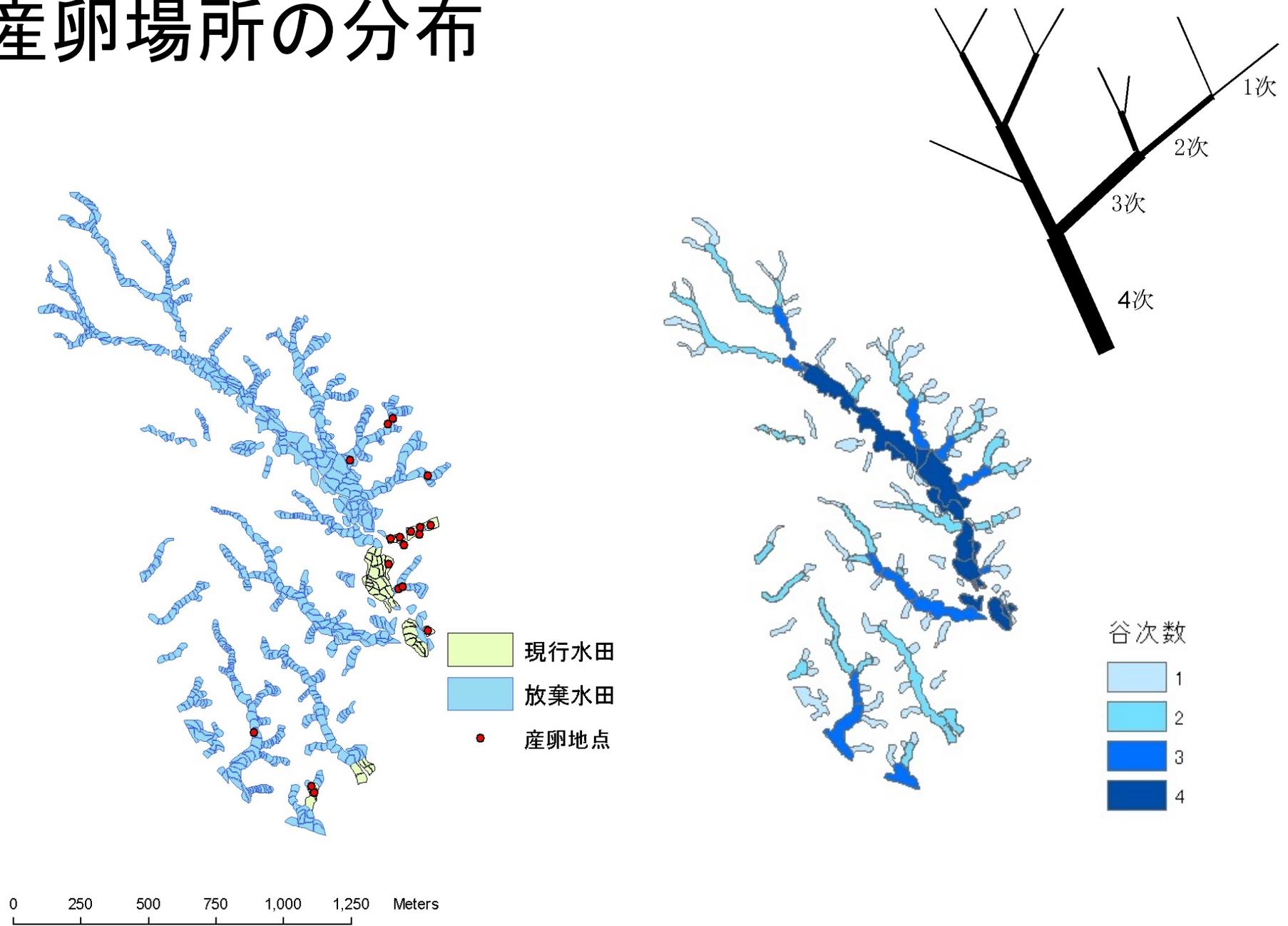
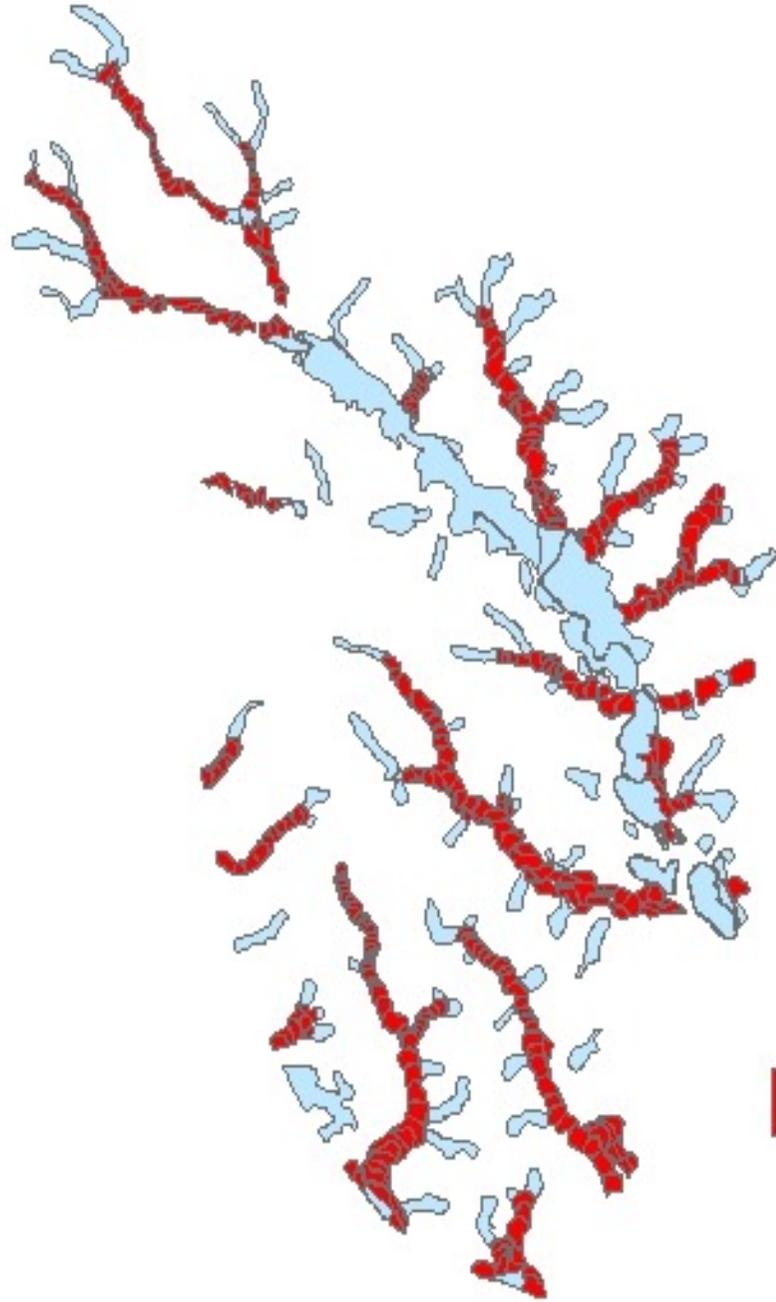


表 1 森林と 10m 以内で接している水田と放棄水田における卵のう数

谷次数	面積 (m <sup>2</sup> )		卵のう数		卵のう数/ha	
	現行水田	放棄水田	現行水田	放棄水田	現行水田	放棄水田
1	2447	127957	3	0	12.3	0.0
2	10176	104374	10	34	9.8	3.3
3	502	65285	3	12	59.8	1.8
4	5233	49503	10	0	19.1	0.0
計	18358	347119	26	46	14.2	1.3

# 潜在産卵適地



湿地のうち

- 森林から10m以内で接する
- 2次または3次谷に属する

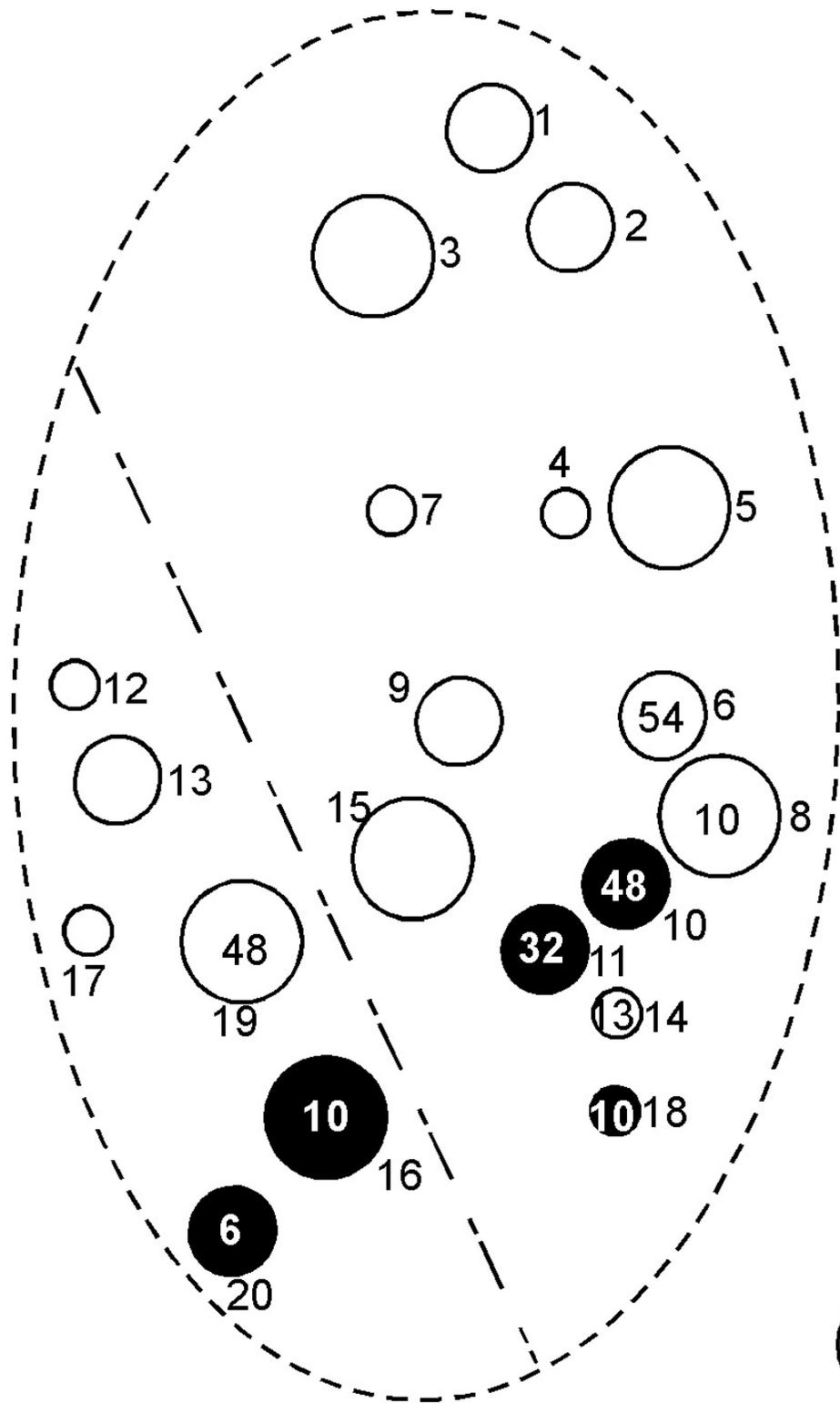
 潜在産卵適地

# 潜在生育適地と 局所個体群の 分布

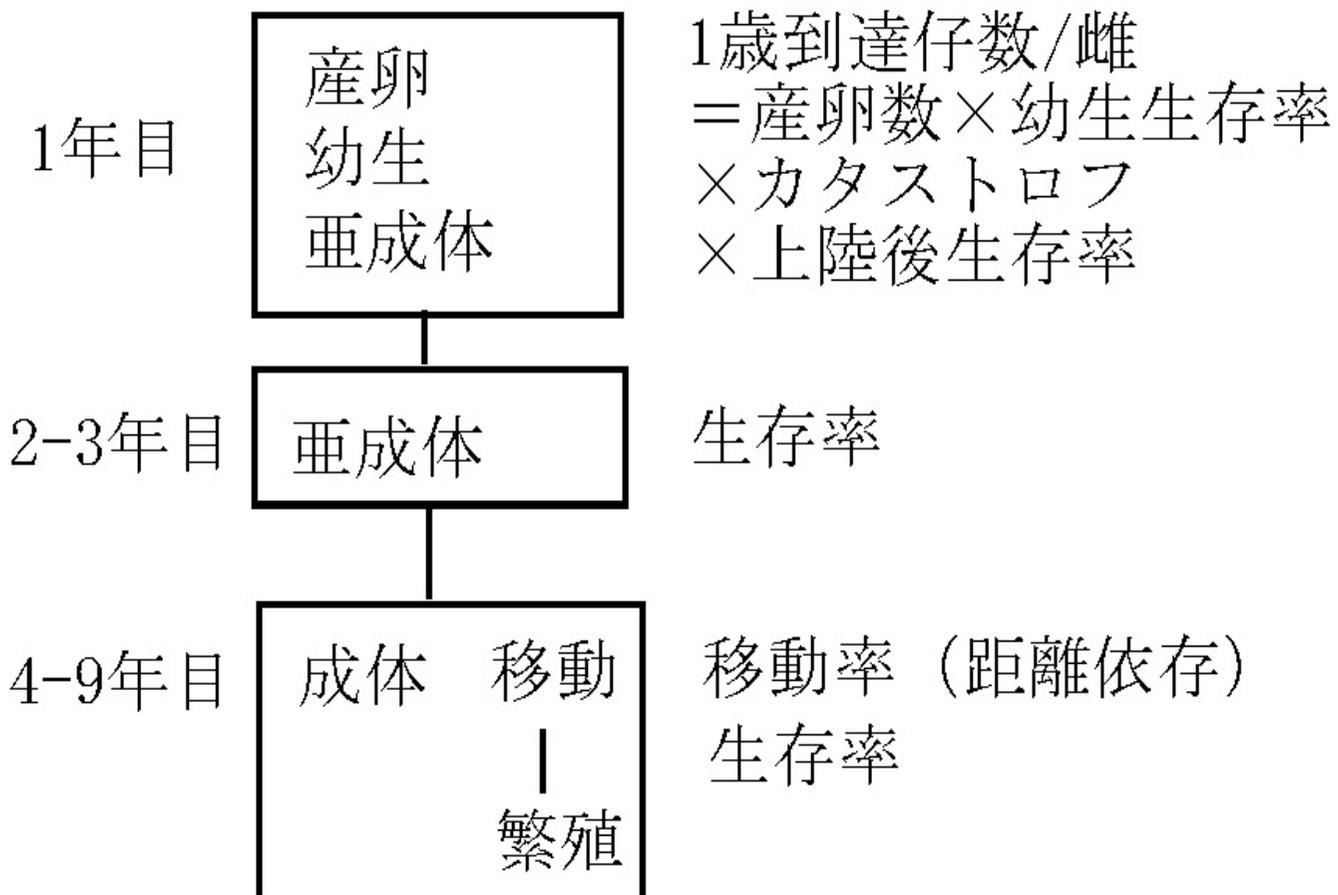
分布パターンはどうしてつくられたか

## パッチの分類

- 耕作水田を含む
- 放棄水田のみ
- <0.5 ha
- 0.5-1 ha
- >1 ha

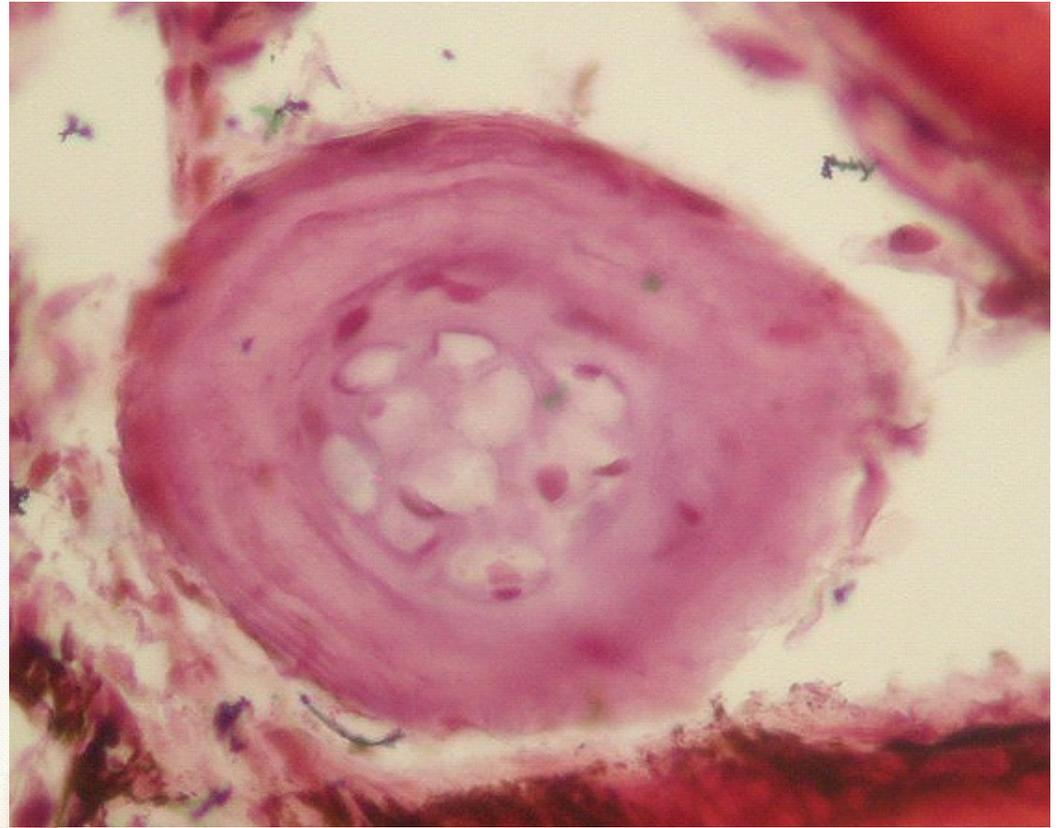
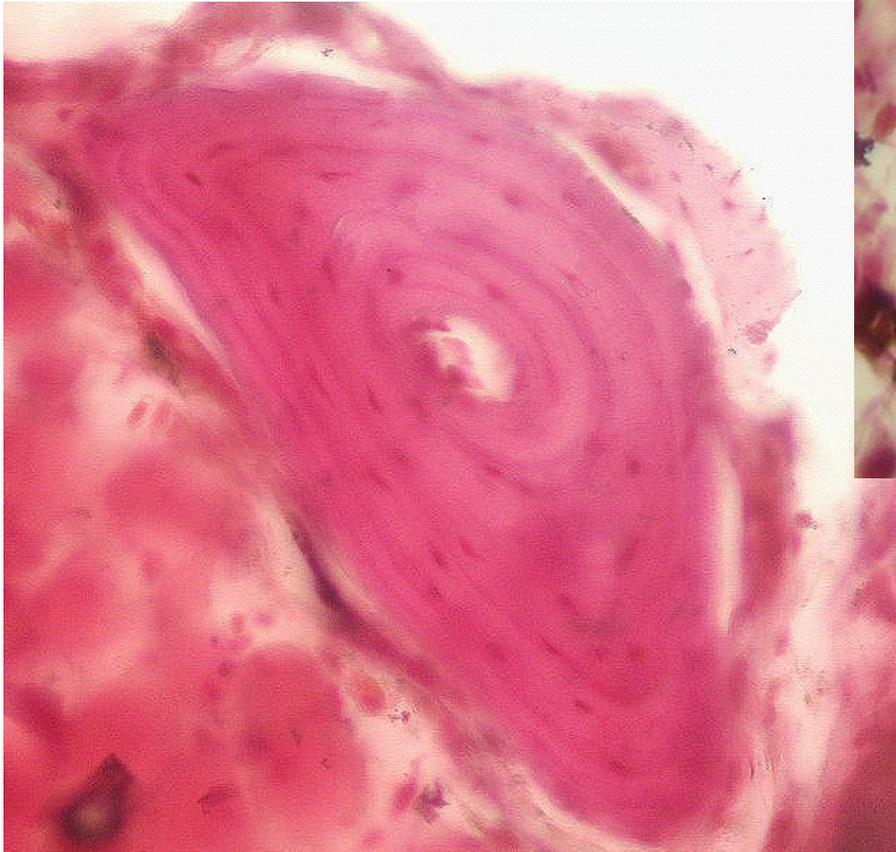


# 個体群モデル



100年間のシミュレーションを500回くり返し、絶滅リスク推定

# 年齢推定



指の骨にできた年輪

右：2歳

左：4歳

表－1 個体群存続可能性分析で用いたパラメータ

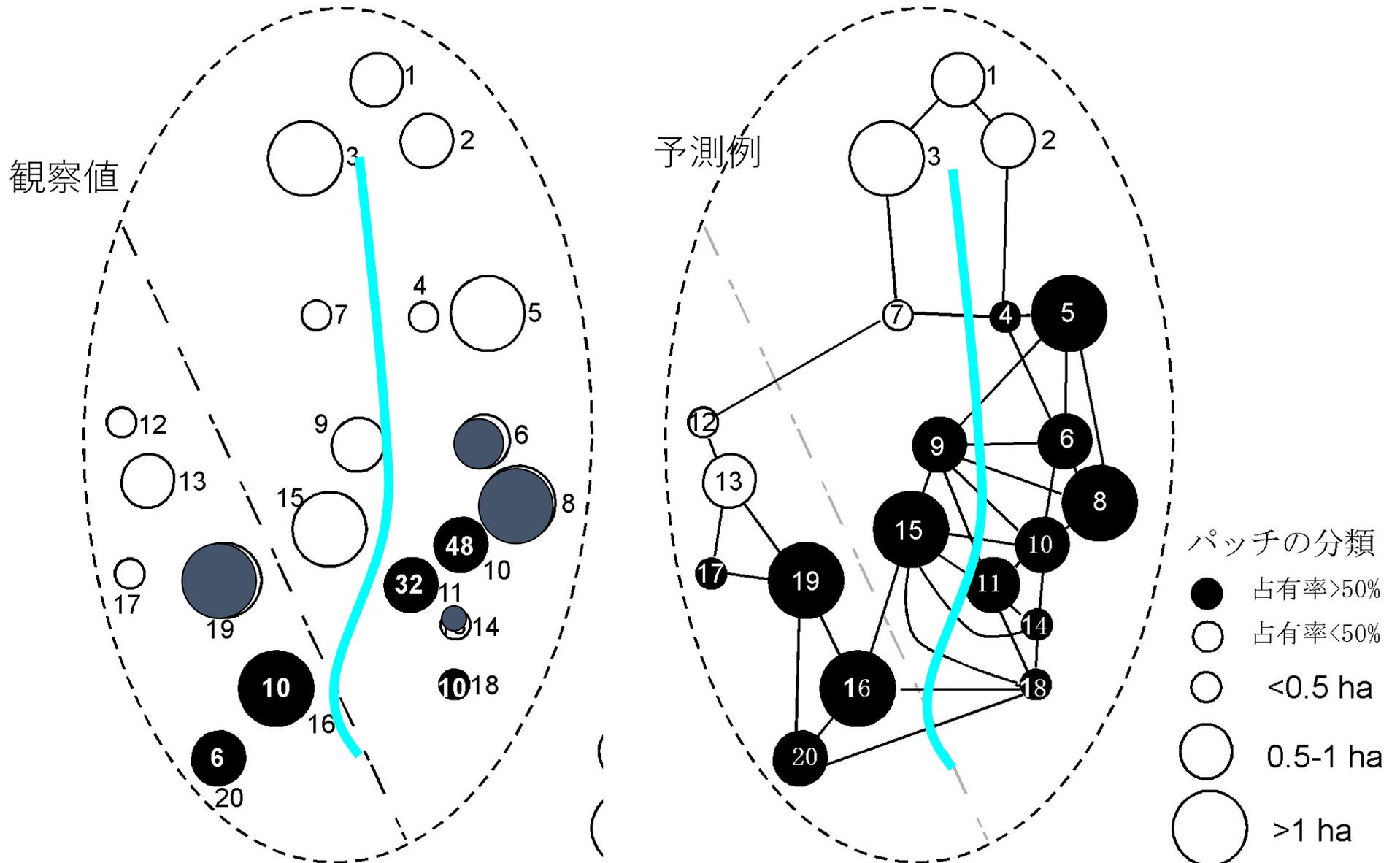
		平均値	標準偏差 <sup>b</sup>
1歳到達仔数/雌/年 <sup>a</sup>	3歳	0.878	0.878, 1.757, 3.514
	4歳以上	1.255	1.255, 2.510, 5.020
変態後生存率/年	2-8歳	0.7	0.07
	9歳	0	－

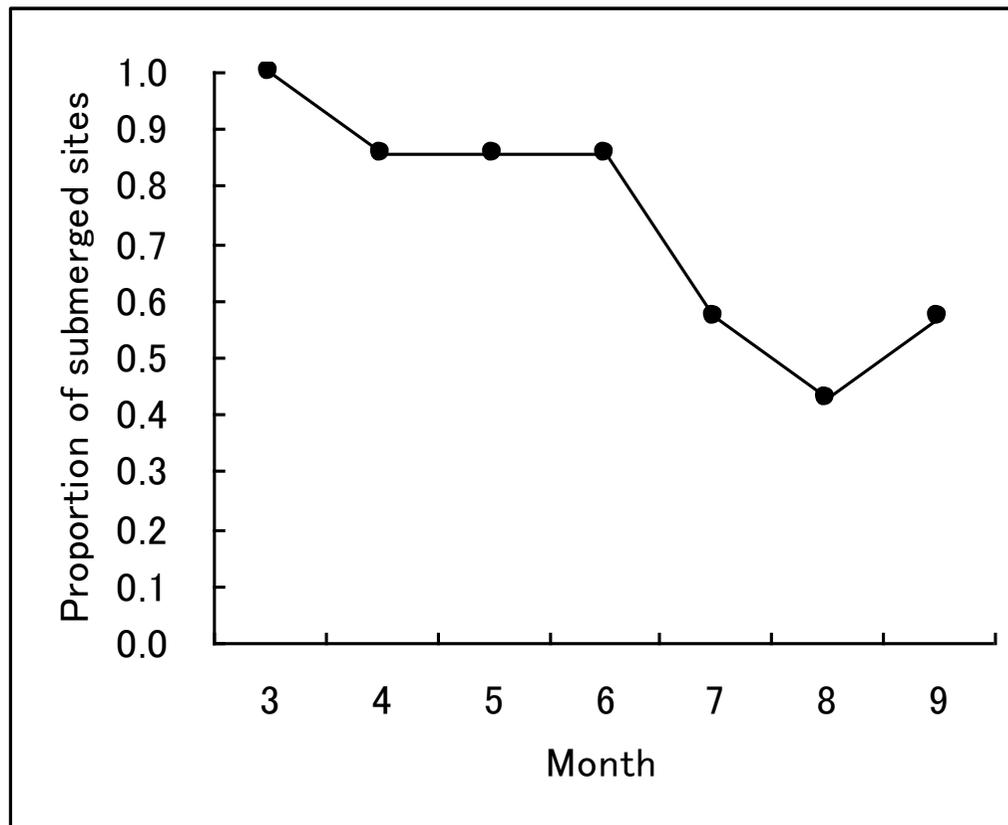
a) 産卵数35 (3歳) または50 (4歳以上), 生存率0.03として計算

b) 1歳到達仔数の標準偏差は小中大3通りずつ

- 上陸幼生の密度は上限(18/m<sup>2</sup>)を設け, それ以上には増加しない
- 他の湿地への移動率は距離依存(指数的)し, 500m以上は移動しない
- 放棄水田では干上がりによる幼生の全滅が起こる(P=0.1または0.2)

# シミュレーションによる分布の再現例





放棄水田における干上がりによるカタストロフの確率

# シナリオによる保全策の選択

表3 各シナリオのもとでの絶滅リスク

シナリオ	行列値の標準偏差		
	中	小	大
現状	0.042 (0.002-0.082)	0.002 (0-0.042)	0.664 (0.624-0.704)
全面開発＋人工湿地	0.404 (0.364-0.444)	0.004 (0-0.044)	0.930 (0.886-0.966)
南開発	0.656 (0.616-0.696)	0.242 (0.202-0.282)	0.934 (0.894-0.974)
南開発＋人工湿地	0.236 (0.196-0.276)	0.004 (0-0.044)	0.714 (0.674-0.754)
西開発	0.132 (0.092-0.172)	0.002 (0-0.042)	0.764 (0.724-0.804)

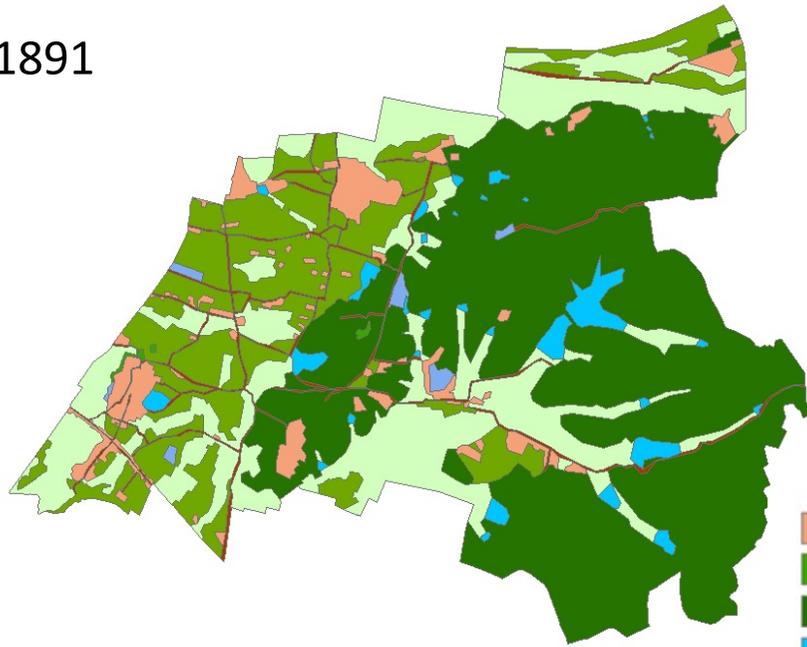
500回の平均値（95%区間）を示す

# 都市緑地の順応的管理

- 孤立した小面積の緑地の機能
- 遷移にともなう管理計画の変更

# 土地被覆の変化(名古屋市千種区)

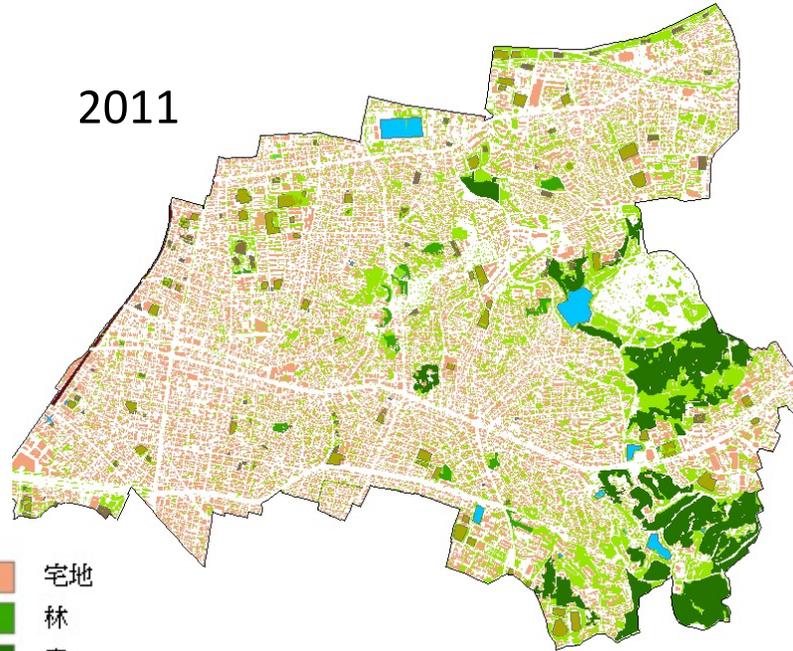
1891



内水氾濫リスク

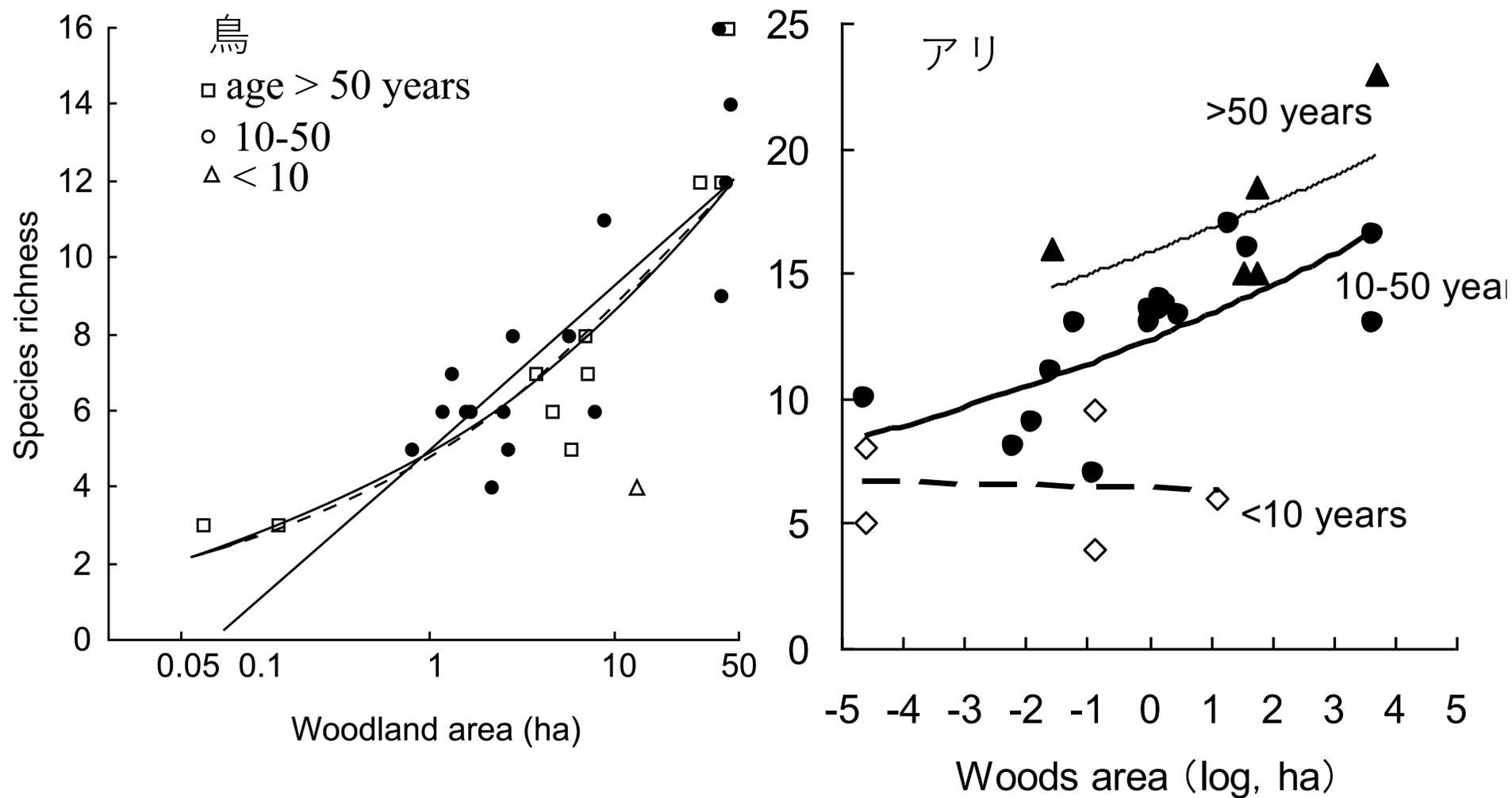


2011

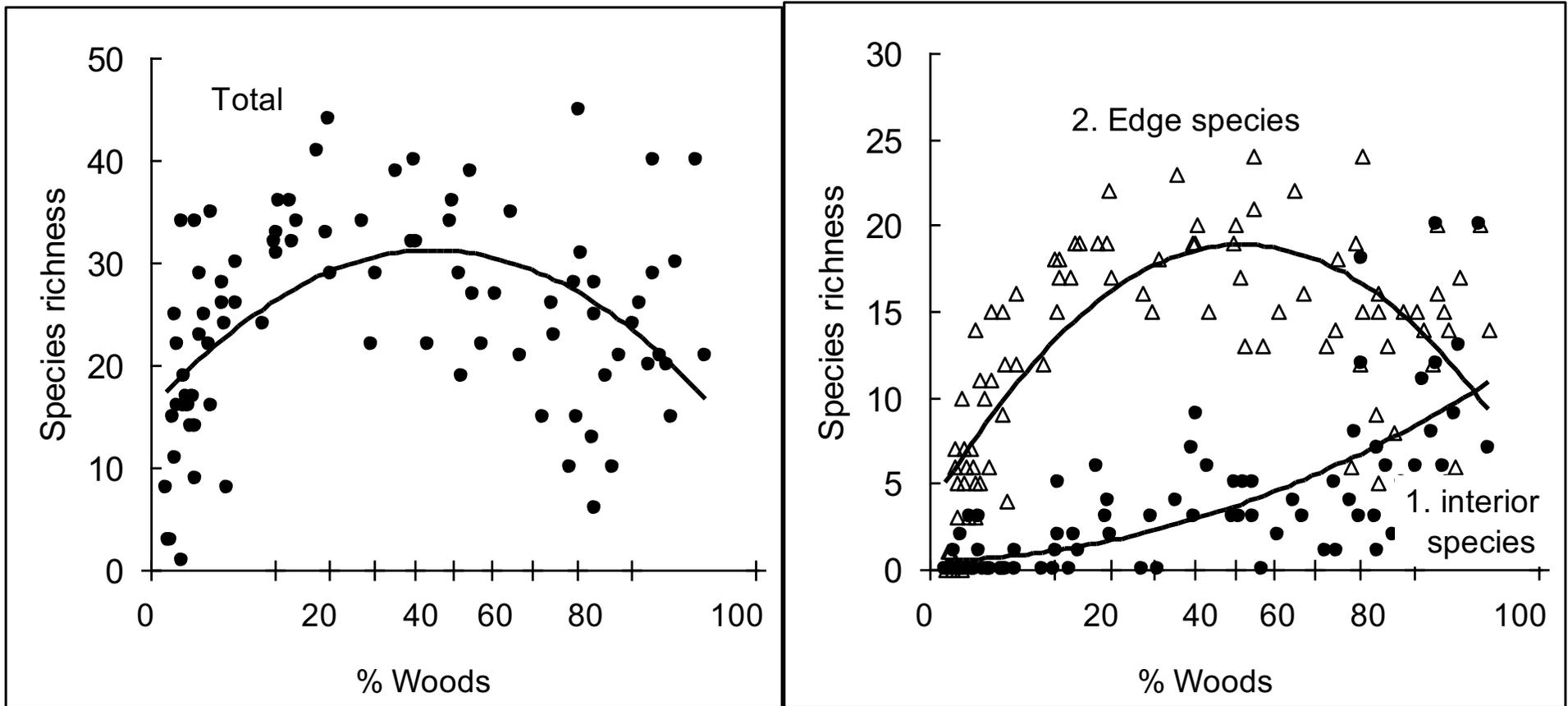
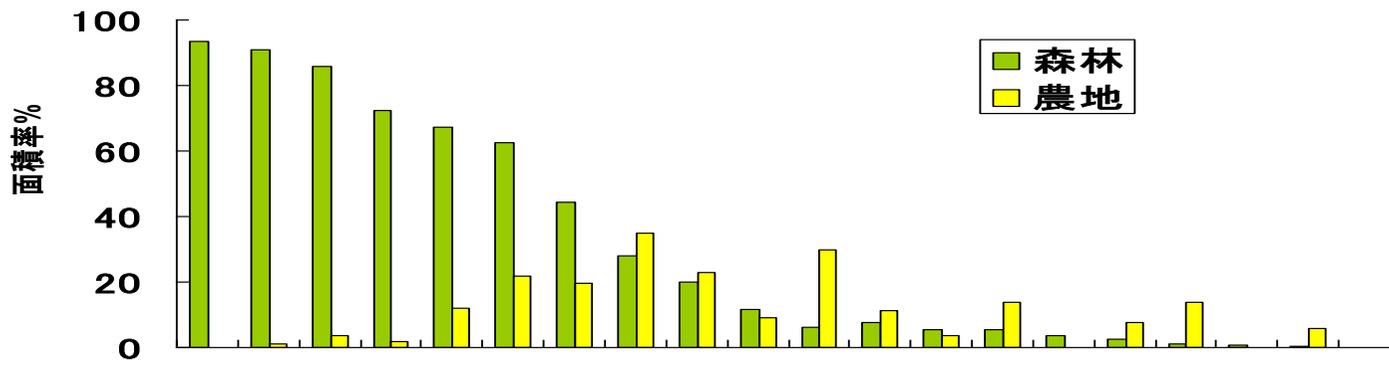


人工被覆地 5% → 75%  
雨水流出量 1363万 m<sup>3</sup> → 2022万 m<sup>3</sup>

1891は第一軍管地方 2万分1 迅速測図, 2011は国土数値情報より作図



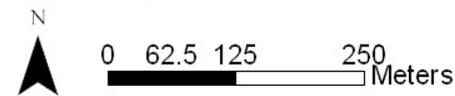
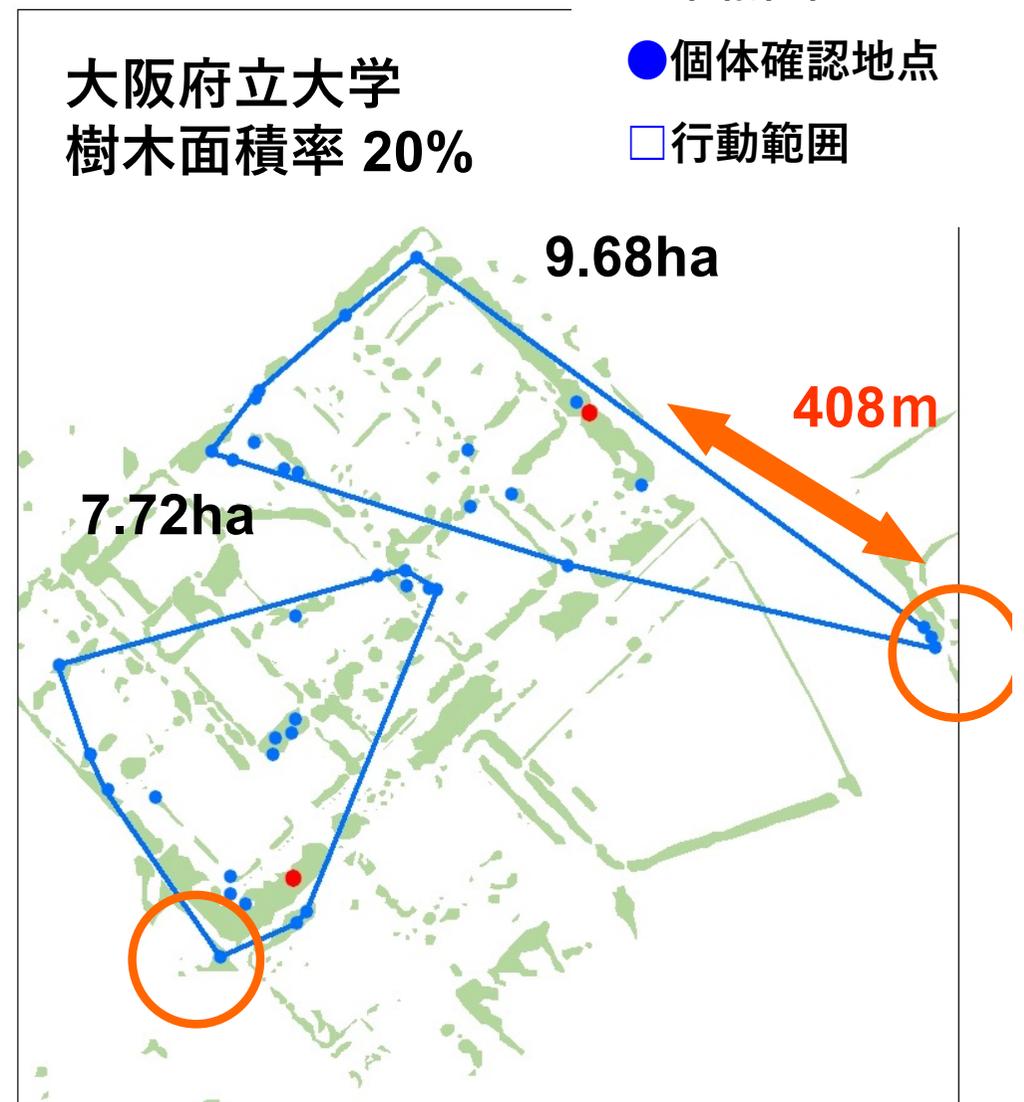
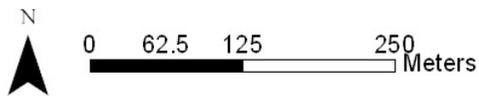
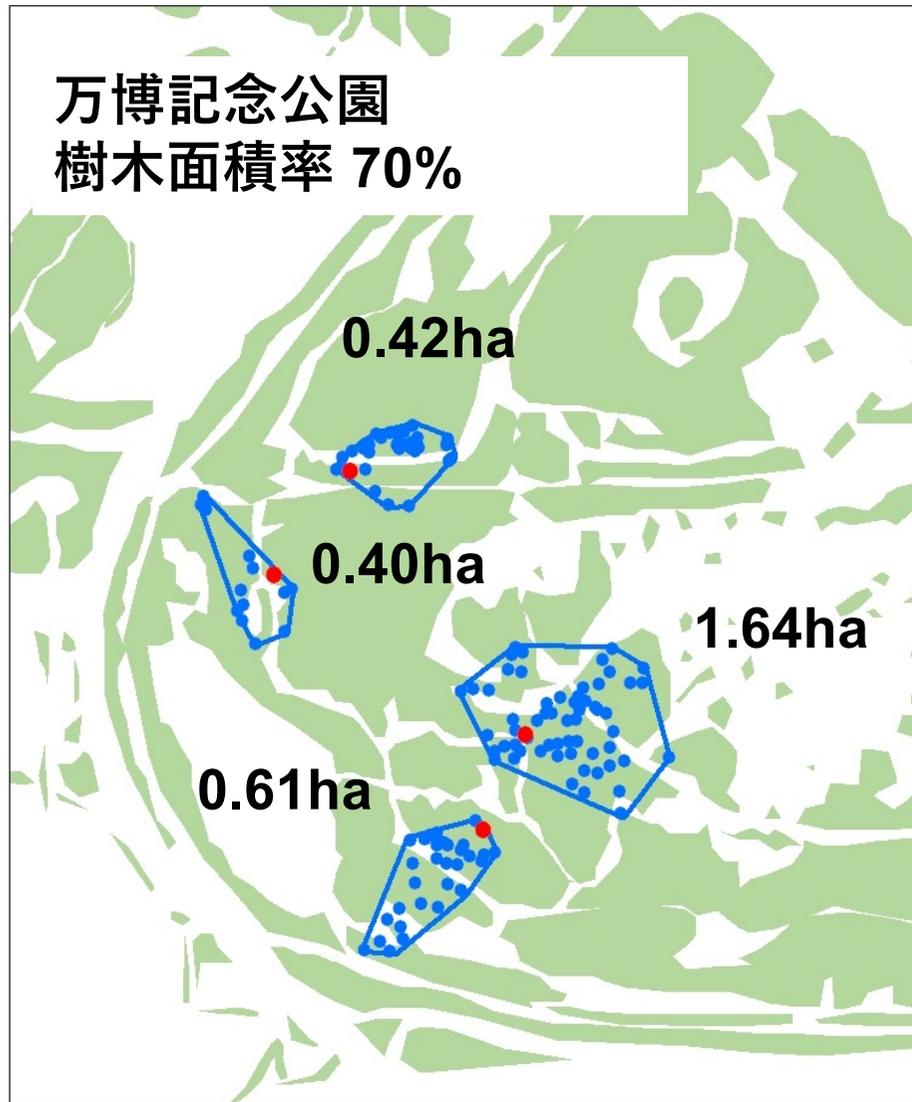
## 緑地のパターンと機能1種数一面積関係



# 緑地のパターンと機能 2モザイクの効果

5km方形区内の樹木面積率と鳥の種数

# パターン、機能、プロセス



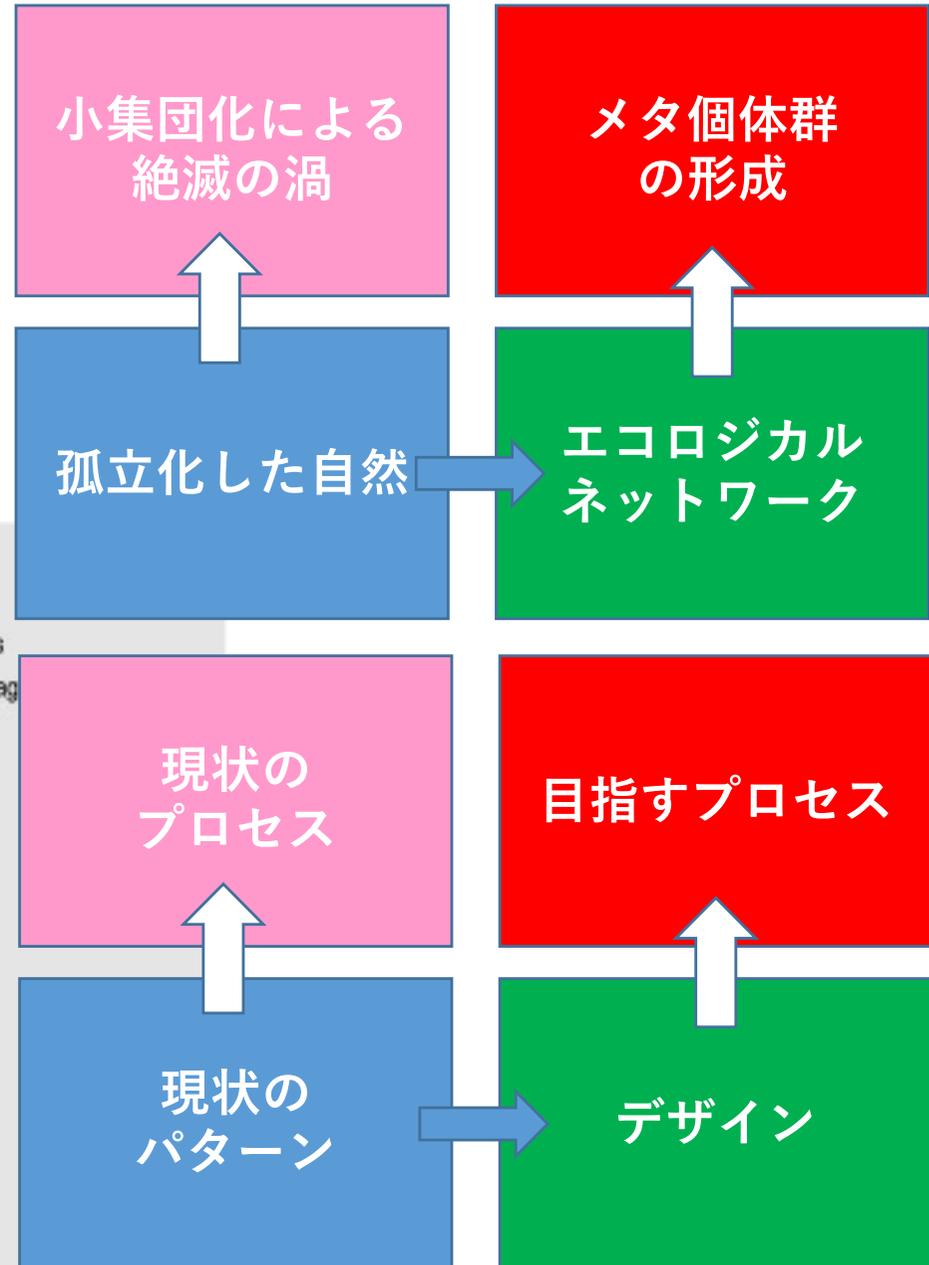
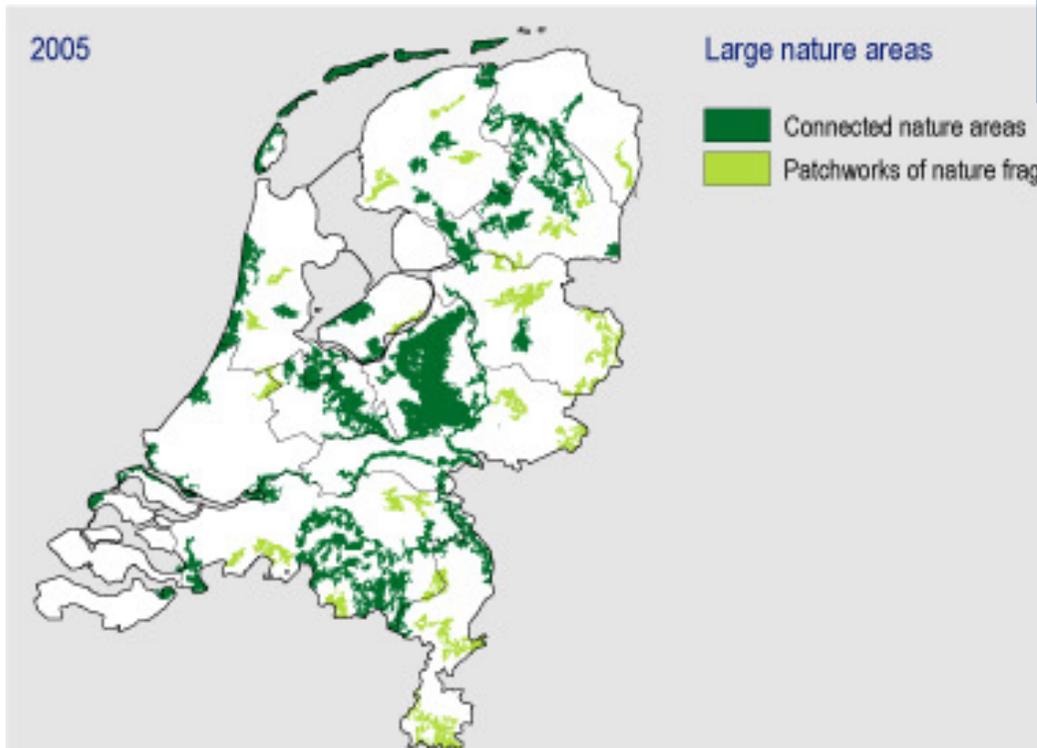
シジュウカラは樹木率の低い場所では、餌を集めるために広い範囲が必要

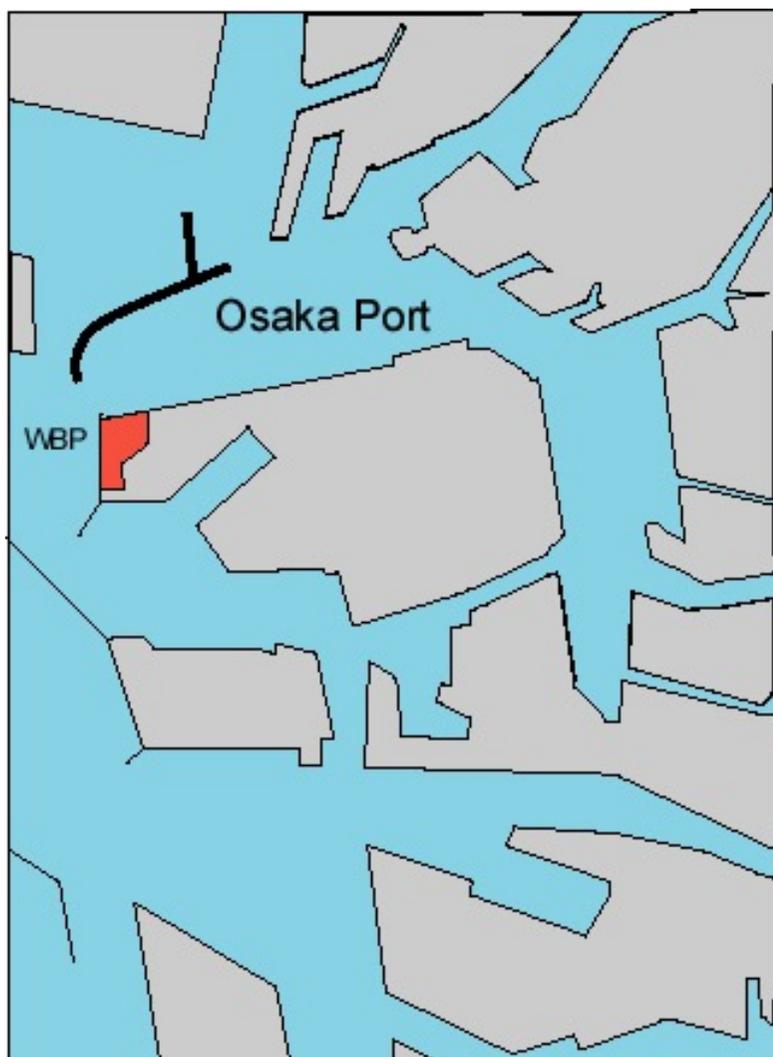
# つながりのデザイン、ほどほど管理

- 自然のものがたり(つながりとプロセス)
- 人と自然のものがたり
- 変化する自然に寄り添って

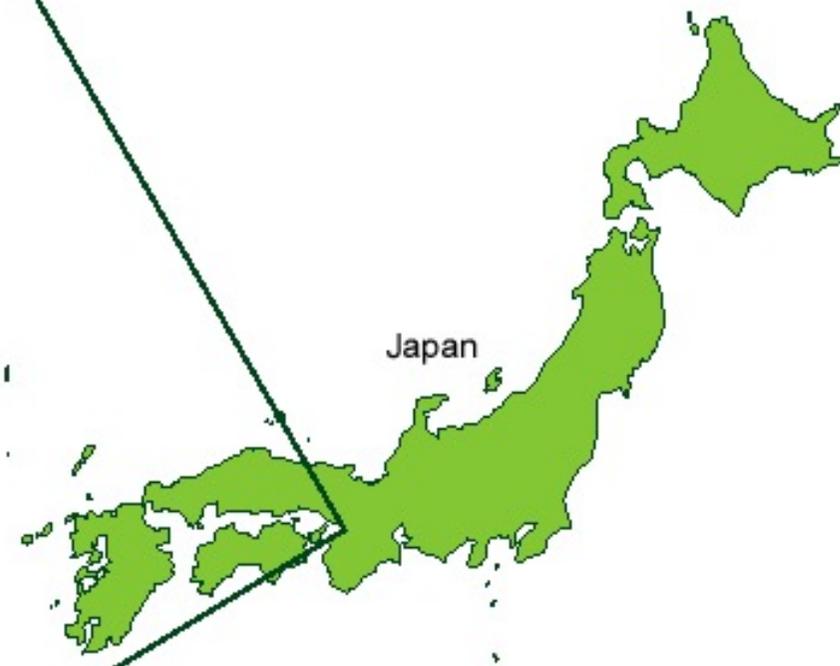
# ランドスケープのデザインとプロセス

オランダ  
国土エコロジカルネットワーク



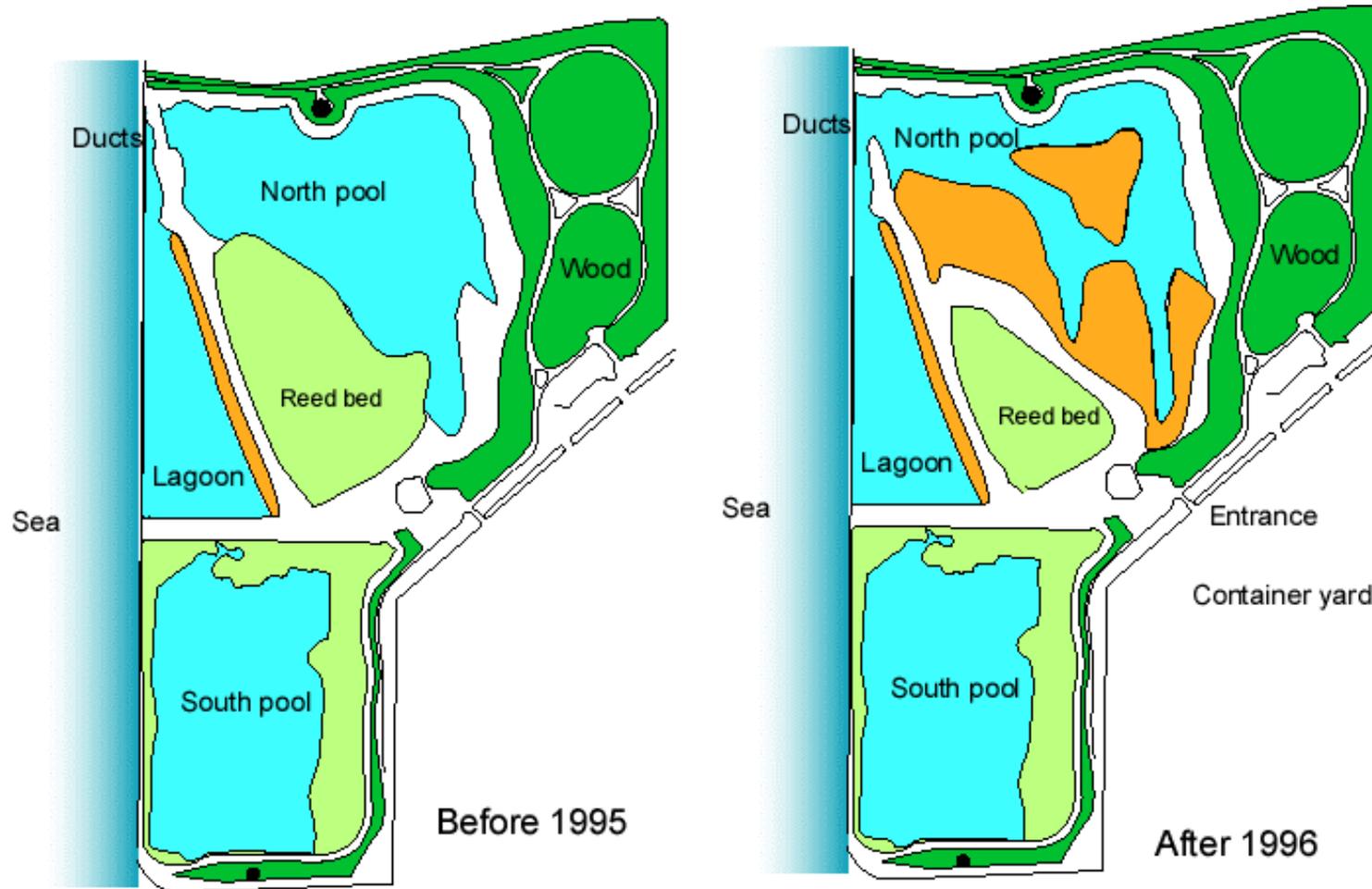


順応的管理



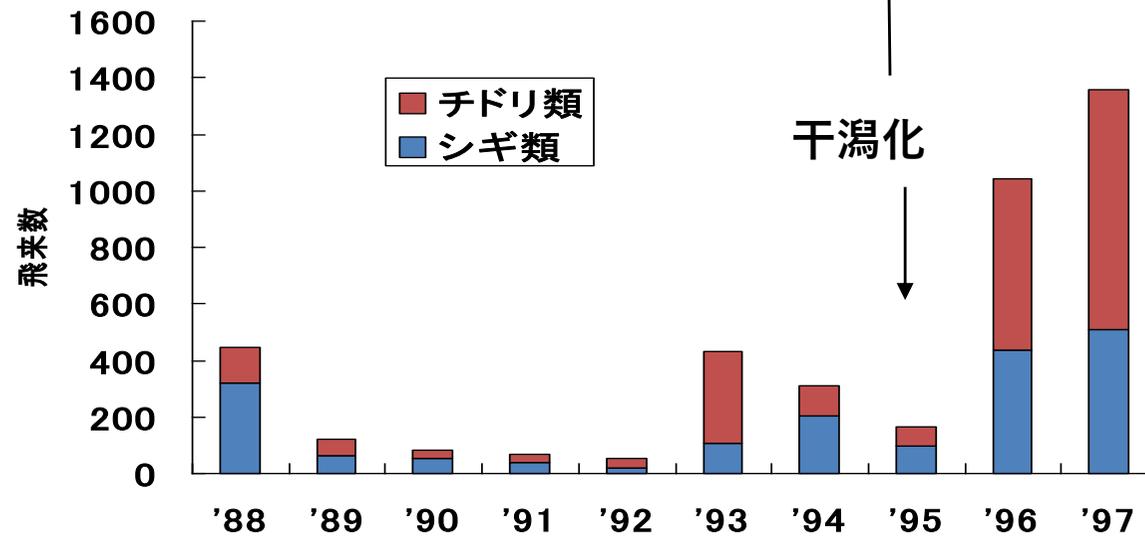
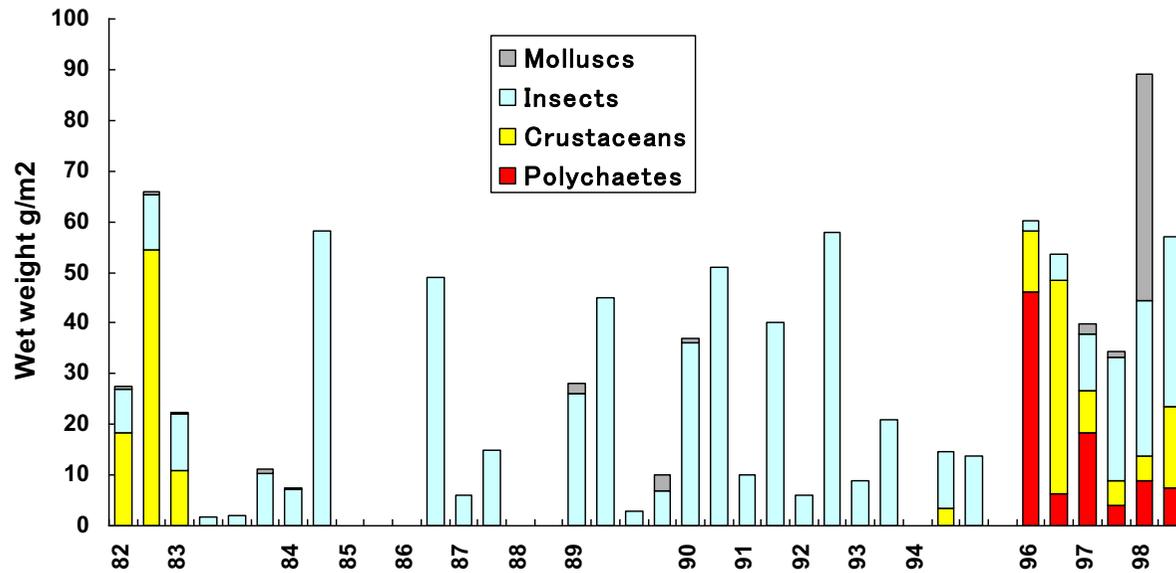
# 大阪南港野鳥園





## 導管設置による北池の干潟化

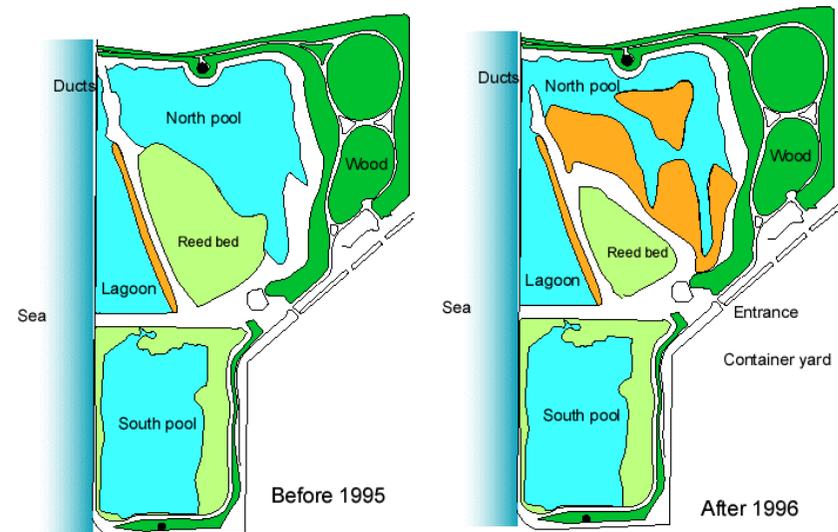
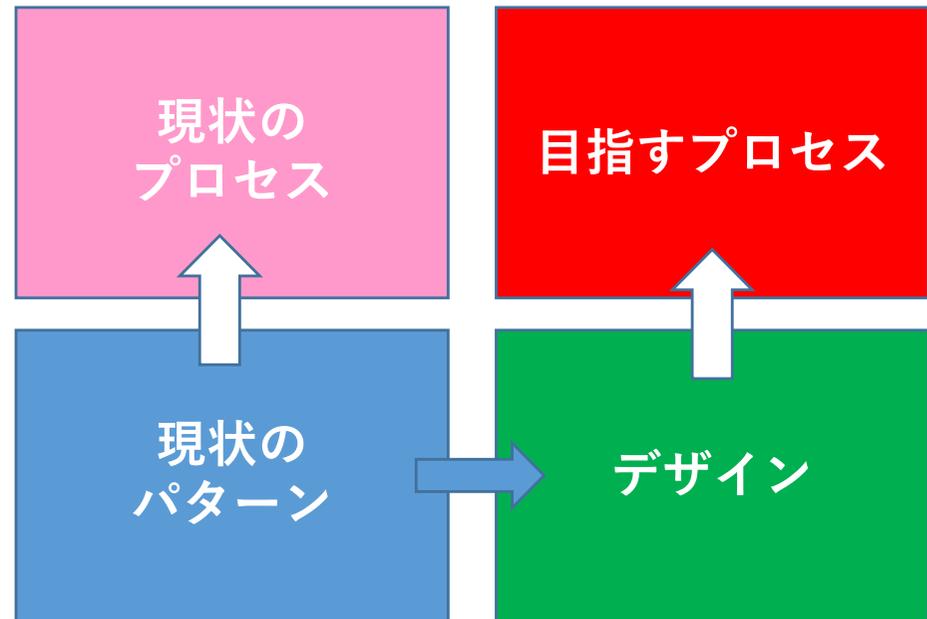
大阪湾全体が自然のままなら、勝手にどこかに干潟はできる  
26haの面積で干潟をつくるには、適切な管理が必要



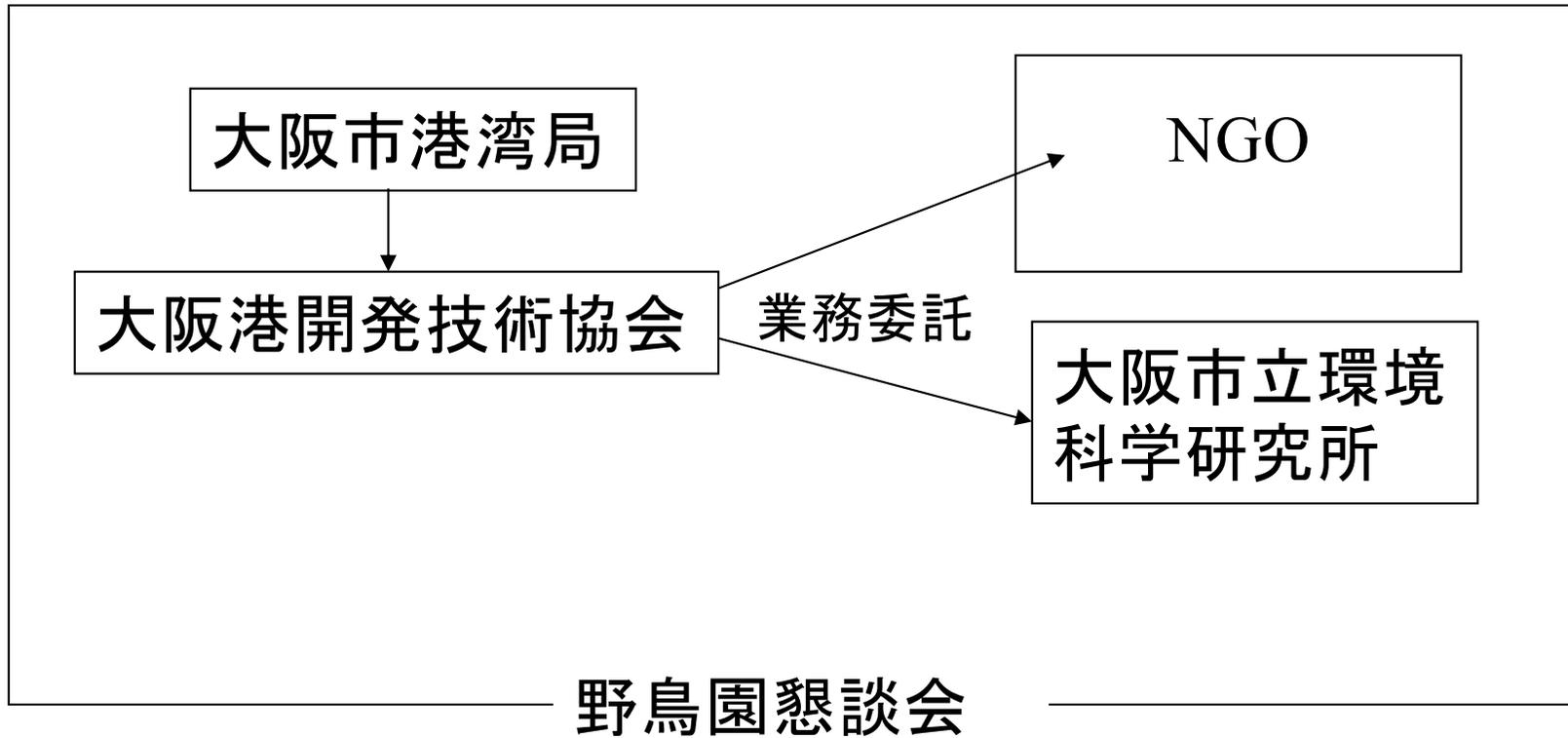
## 底生動物とシギ・チドリ類の飛来数の推移

# ランドスケープのデザインとプロセス

デザインによってプロセスを  
制御できる場合



# 人と自然の物語：順応的管理の仕組み



# 人と自然の物語：あいち生態系ネットワーク

- 尾張西部
- 尾張北部
- 尾張南部
- 東部丘陵
- 知多半島
- 西三河
- 西三河南部
- 新城設楽
- 東三河
- 渥美半島



愛知県自然環境課

<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/shizen/kyougkai.html>

# 協議会の例

知多半島生態系ネットワーク協議会

緑をつなぐ 生命をつなぐ 地域をつなぐ

あいち森と緑づくり環境活動・学習推進交付金事業

ホーム 協議会の概要について 参加団体一覧 活動内容 お問い合わせ

いいね! 1

関連リンク

- あいち生物多様性戦略2020
- 知多自然観察会
- NPO法人 日本エコロジスト支援協会
- 命をつなぐプロジェクト 学生実行委員会 facebookページ
- 美浜町竹林整備事業化協議会
- モリビトの会 Forest & Human Association

**"ごんぎつねと住める知多半島を創ろう"**

知多半島生態系ネットワーク協議会では、“ごんぎつねと住める知多半島を創ろう”を合言葉に、知多半島地域の生態系を健全に保全するため、生きものの生息・生育空間を適切に配置し、つながりを確保することを目指しています。

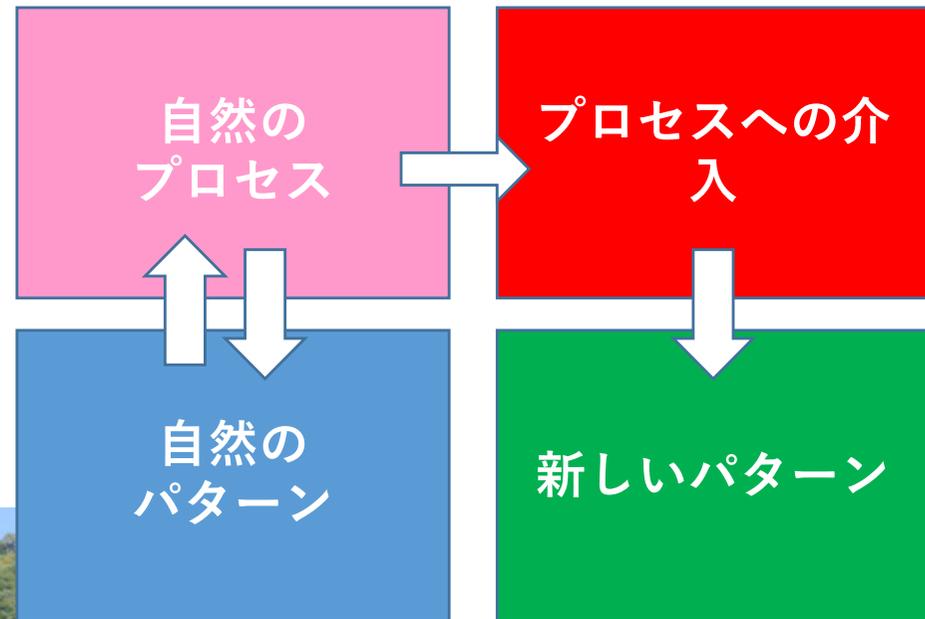
生態系とは…  
生態系とは「生きものとそれを取り巻く水、空気、土などの自然環境全体」を指しています。

愛知県自然環境課

<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/shizen/kyougkai.html>

- 大同大学
- 中部大学
- 日本福祉大学
- 愛知生物調査会
- 板山高根湿地環境ボランティア観察保存会
- 壱町田湿地を守る会
- 国際ロータリー第2760地区
- 知多自然観察会
- 日本エコロジスト支援協会
- 美浜町竹林整備事業化協議会
- 東浦里山支援隊
- 株式会社 I H I 愛知事業所
- 愛知製鋼株式会社
- 出光興産株式会社愛知製油所
- J X エネルギー株式会社知多製造所
- 新日鐵住金株式会社名古屋製鐵所
- 大同特殊鋼株式会社知多工場
- 知多エル・エヌ・ジー株式会社
- 中部電力株式会社知多火力発電所
- 東邦ガス株式会社知多製造部
- 株式会社豊田自動織機
- 名古屋鉄道株式会社
- 株式会社Mizkan Holdings
- 株式会社名鉄インプレス南知多ビーチランド
- 株式会社 L I X I L 知多工場
- + 1 1 市町

# ランドスケープのデザインとプロセス



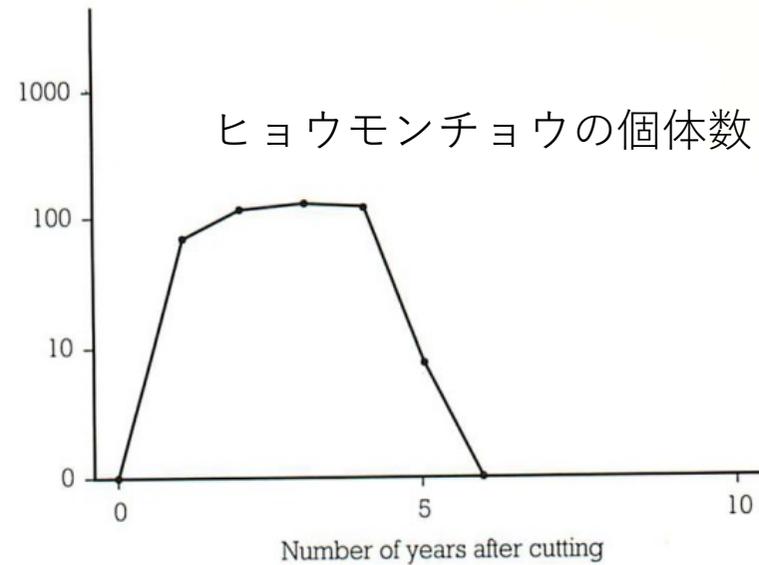
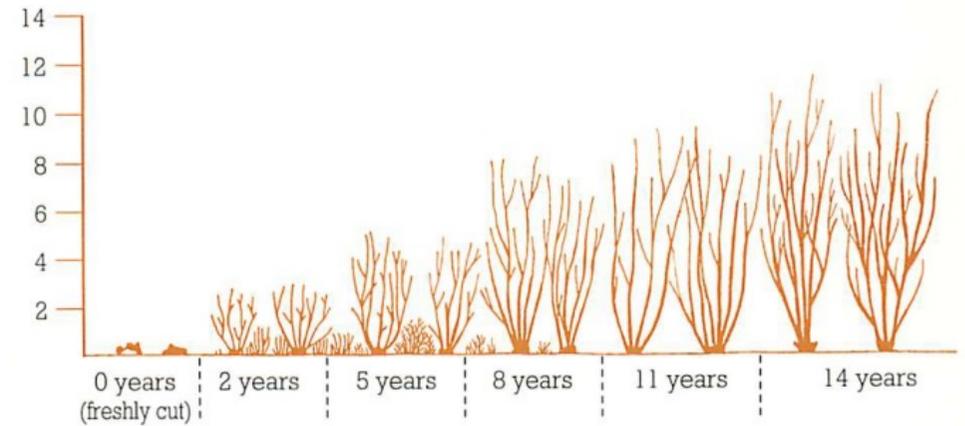
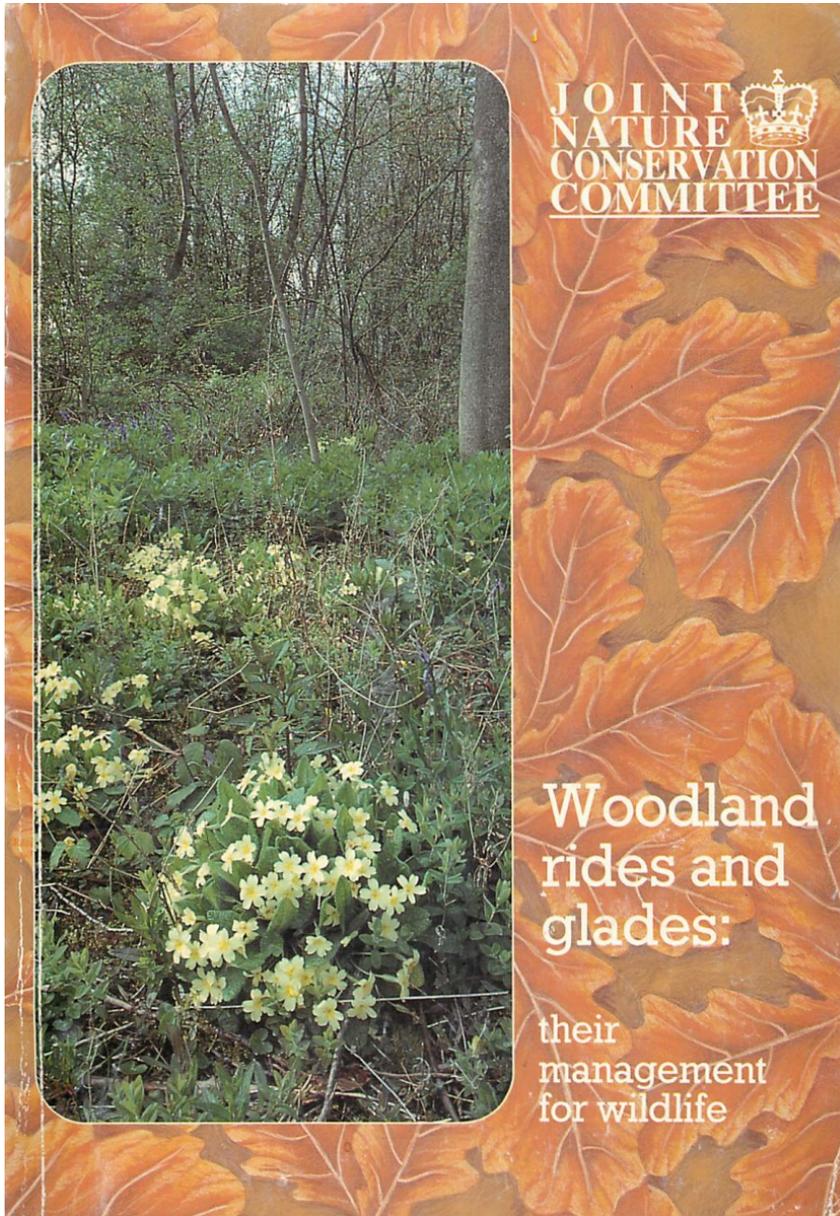
伐採による遷移の中断  
草地と落葉樹林によるモザイク画

# 過密植樹→もやし林



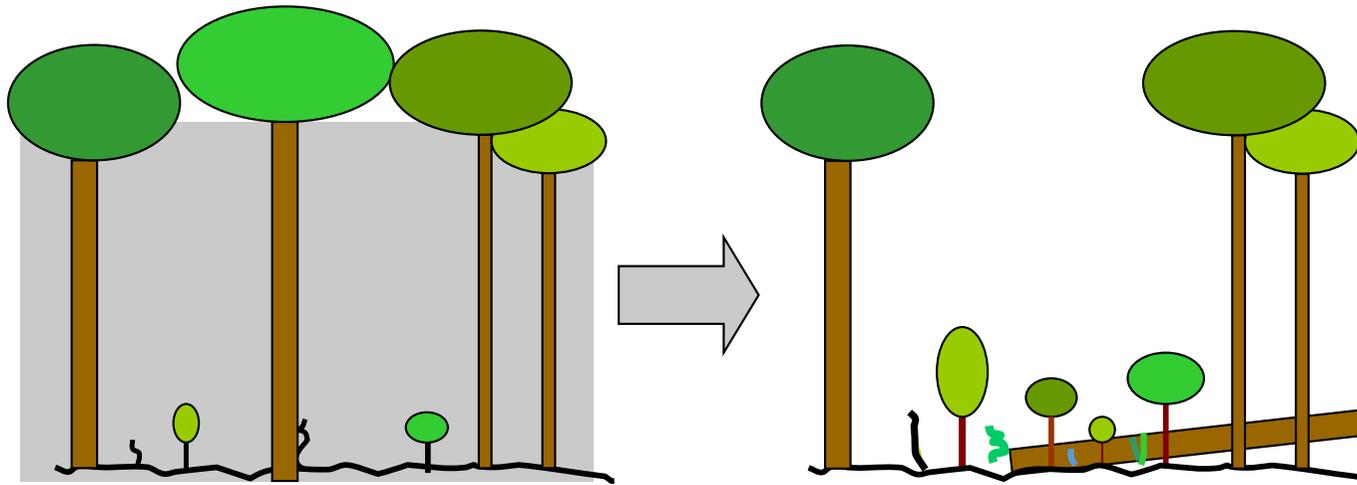
単層、暗い林内、低い生物多様性

# 木を切れば森が豊かになる



Fuller and Warren 1993

# 人工ギャップを造ってみた



## 森林のギャップ更新

高木に覆われた森林の林床には光が届かず，実生は成長できない．しかし，強風などによって高木が倒れると穴が開いた空間ができる．これをギャップという．ある程度大きなギャップができると，林床に光が当たり，若い樹木が生長する．



# 人工ギャップによるチョウへの影響

## 調査方法

調査地： 万博記念公園  
自然文化園地区

調査日：2001年4月～10月  
月2回（計13回）

ギャップ、密生林内、  
畑、芝生の4種の環境  
各15m×15mでそれ  
ぞれ10分間に確認さ  
れたチョウの種と個体  
数を記録



ギャップ(6ヶ所)



密生林(6ヶ所)



畑(1ヶ所)

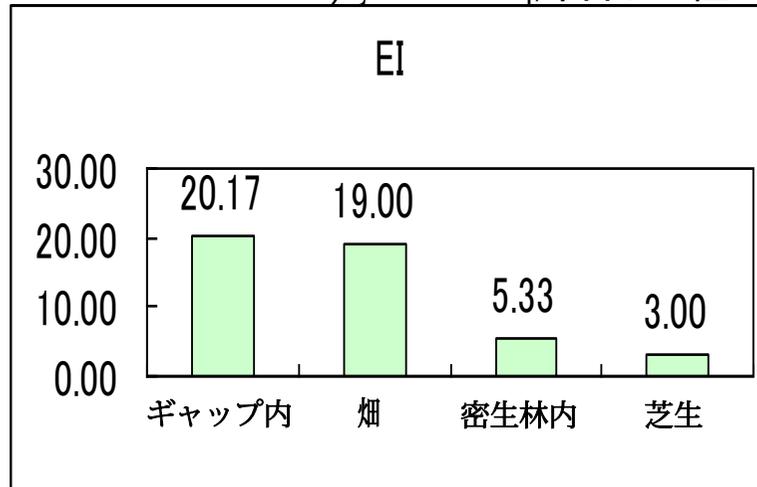


芝生(1ヶ所)

# チョウ 里山種と多様度の増加

巢瀬(1993)の環境指数EI

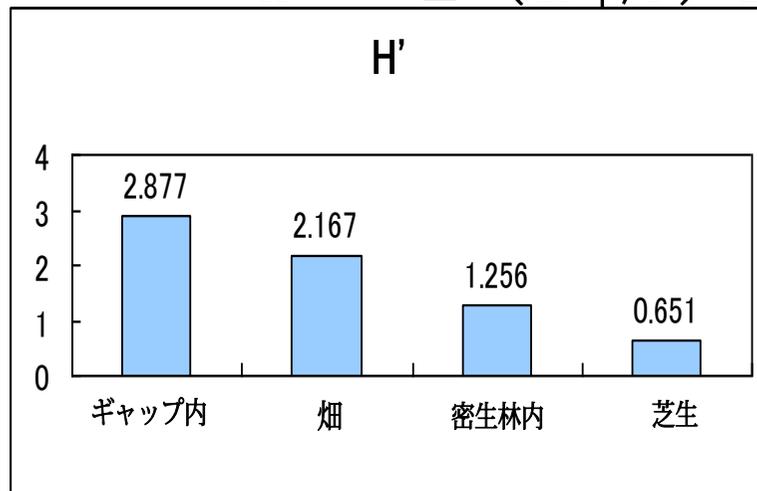
$$EI = \sum X_i \quad X_i: i\text{番目の種の指数値}$$



畑は1が多く、ギャップは2が多い、つまり里山的な環境が再現された

Shannonの多様度指数H'

$$H' = - \sum (n_i / N) \log_2 (n_i / N) \quad n_i: i\text{番目の個体数}, N: \text{総個体数}$$



ギャップはチョウ類の種多様度が最も高い

# チョウ類のまとめ

ギャップ造成

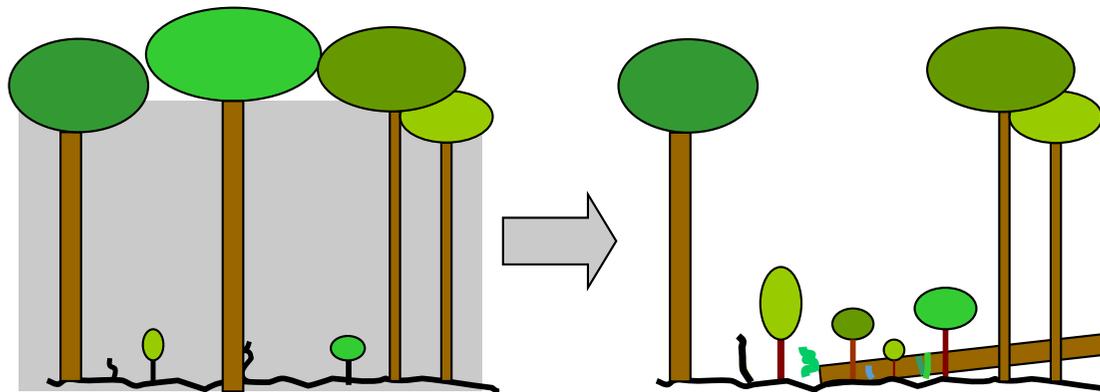
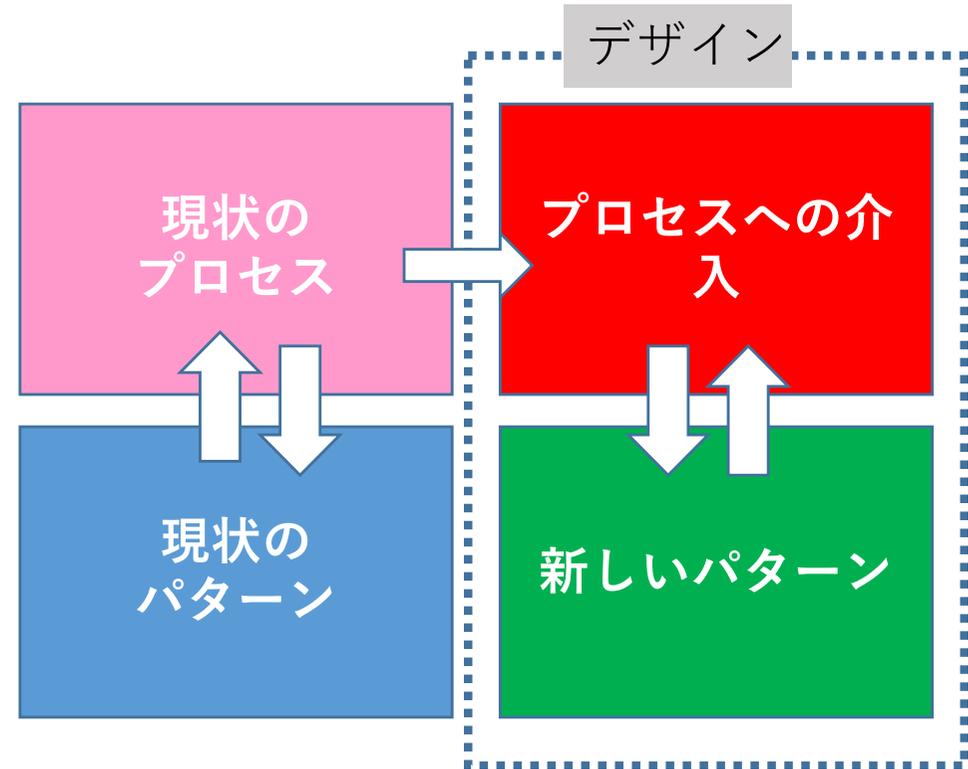
チョウの食草・  
吸蜜植物の出現

隣接する密生林との  
林縁環境が出現

密生林・畑・芝生より、多種のチョウにとって良好な環境

# ランドスケープのデザインとプロセス

プロセスも含めたデザインの検討

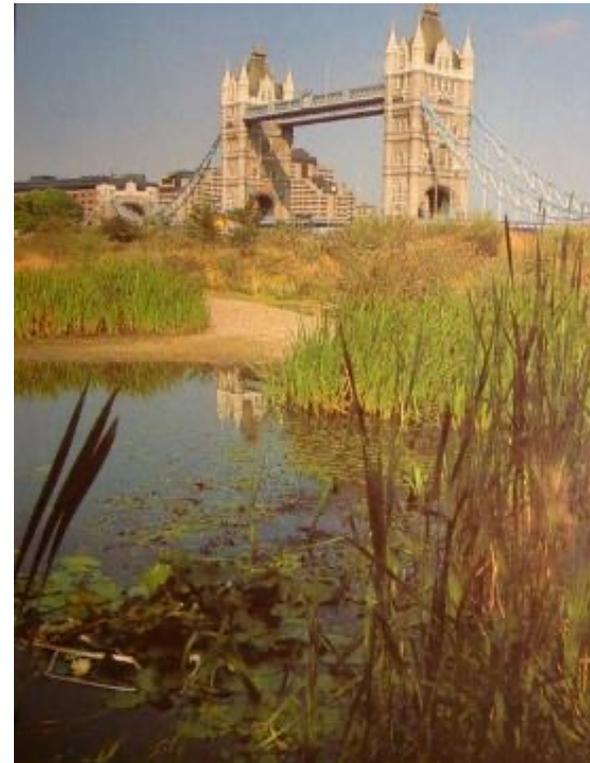


+

スケール

# 空間だけでなく時間の有効利用

- 1977年 ロンドンのテムズ川右岸にウィリアム・カーチス・エコロジーパーク完成
- 0.8ha、4,000ポンドで建設
- 1985年 所有者(ロンドン・ドックランド開発)に返還



ブラウンフィールドの活用

Photo: David Goode

- 持続可能社会を形成するためには、生態系管理<sup>注)</sup>の手法の確立が必須。
- 生態系管理は、不均質(多様性)を前提とする。
- そのためには、時間がかかるが、ランドスケープのプロセスの研究が重要。

注)「生態系の完全性を長期にわたって保全するという目標に向けて、複雑な社会・政治・価値の枠組みの中で、生態的な相互関係に関する科学的知見を統合すること」(グルンビン 1994)。  
現在のグリーンインフラやEcoDRRの基盤となる手法だと考えられる。

# 謝辞

- お世話になったすべてのいのちへ



太陽の塔 生命の樹