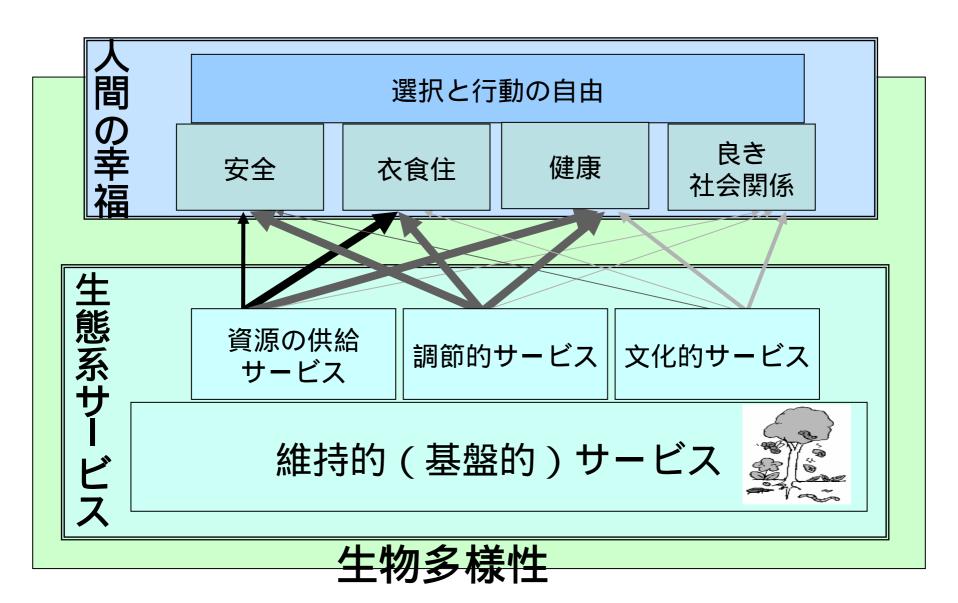
# 生物多様性モニタリングと情報利用

保全生態学研究室 鷲谷 いづみ

時代の要請としての

「生物多様性モニタリング」

# 幸わせな暮らしに欠かせない生態系サービス は生物多様性 / 生態系機能が提供 (国連ミレニアム生態系評価のスキーム)



#### 生態系サービス のいろいろ

#### 維持的(基盤的)サービス 物質循環・栄養循環 土壌形成・土壌保持 一次生産 ハビタットの提供

#### 供給的サービス

食料 穀物

家畜

漁獲

水産養殖

野生の食物

繊維 木材

綿、麻、絹

木質燃料

遺伝子資源

生物化学品、自然薬品医薬品

淡水

#### 調節的サービス

大気の質の制御

気候の制御

水の制御

土壌浸食の制御

水質浄化と排水処理

疾病の制御

害虫の制御

受粉サービス

自然災害の制御

#### 文化的サービス

精神的・宗教的な価値

審美的価値

レクリエーション、エコツーリズム

#### 生物多様性 生態系の多様性 / 種の多様性 / 種内の多様性

#### 生態系サービスの源泉/安定的なサービス提供を保障

生態系の多様性:異なるタイプの生態系は異なる生態系サービスのセットを提供

種の多様性:異なる種は単独でまたは生物間相互作用を介して異なる生態系サービスを提供 類似した生態系機能をもつ種が何種も存在すれば冗長性を通じて生態系サービスの安定した提供を保障

種内の多様性:種の存続性を通じて生態系サービスの安定的な提供に寄与

生態系サービスのバランスのよい利用 (生態系の健全性)の指標 (行司役)

#### 生物多樣性条約

- ●1992年、ブラジルのリオデジャネイロで開かれた国際会議「地球サミット」で採択
- ◆生物の絶滅と生き物豊かな森林やウエットランドなどの喪失を防ぎ、自然の恵みを持続的に利用できるようにする。
- ●現在188カ国が締約。(世界中のほぼすべての国)
- ◆生物多様性の保全 = それぞれの国に固有な自然を大切にする 義務を負う。

第8条(f) 特に、計画その他管理のための戦略の作成及 び実施を通じ、劣化した生態系を修復し及び復元し並びに 脅威にさらされている種の回復を促進すること。

第8条(h) 生態系、生息地若しくは種を脅かす外来種の 導入を防止し又はそのような外来種を制御し若しくは撲滅 すること。

# 生物多様性・生態系の健全性の指標

# 絶滅危惧種

# 健全な生態系

恵みをもたらす生物、バランス良い生態系サービスの提供

減少と絶滅リスクの高まり

# 侵略的外来種

# 不健全な生態系

厄介な生物:害虫、病気など 生態系の単純化、不安定化

急速な増加

#### 第七条 特定及び監視

締約国は、可能な限り、かつ、適当な場合には、特に次条から第十条までの規定を実施するため、次のことを行う。

- (a) <u>附属書</u>に列記する区分を考慮して、生物の多様性の構成要素であって、生物の多様性の保全及び持続可能な利用のために重要なものを特定すること。
- (b) 生物の多様性の構成要素であって、緊急な保全措置を必要とするもの及び持続可能な利用に最大の可能性を有するものに特別の考慮を払いつつ、標本抽出その他の方法により、(a)の規定に従って特定される生物の多様性の構成要素を監視すること。
- (c) 生物の多様性の保全及び持続可能な利用に著しい悪影響を及ぼし又は及ぼすおそれのある作用及び活動の種類を特定し並びに標本抽出その他の方法によりそれらの影響を監視すること。
- (d) (a)から(c)までの規定による特定及び監視の活動から得られる情報を何らかの仕組みによって維持し及び整理すること。

#### 附属書

1 生態系及び生息地

高い多様性を有するもの、固有の若しくは 脅威にさらされた種を多く有するもの又は原生 地域を有するもの

移動性の種が必要とするもの

社会的、経済的、文化的又は科学的に重要であるもの

代表的であるもの、特異なもの又は重要な進化上その他生物学上の過程に関係しているもの

#### 2 種及び群集

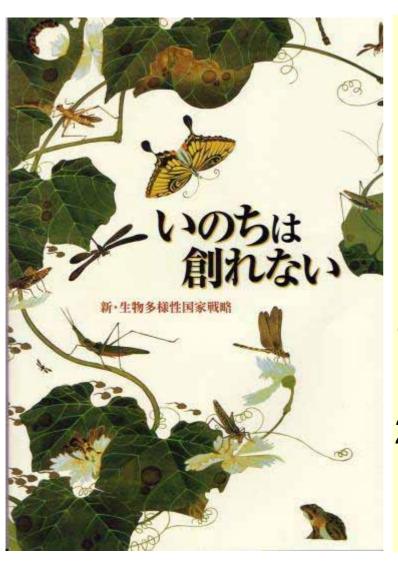
脅威にさらされているもの 飼育種又は栽培種と近縁の野生のもの 医学上、農業上その他経済上の価値を有 するもの

社会的、科学的又は文化的に重要である もの

指標種のように生物の多様性の保全及び持続可能な利用に関する研究のために重要であるもの

3 社会的、科学的又は経済的に重要であり、 かつ、記載がされたゲノム及び遺伝子

# 新·生物多樣性国家戦略



#### 「生物多樣性条約」

第6条:締約国が生物多様性の保全と持続可能な利用を目的とした「国家戦略」つまり、国をあげて取り組むための方針と計画をつくることを求めている。

1995年

「生物多様性

2002年3月

「新·生物多樣性

国家戦略」策定

国家戦略」

閣議決定

# 3つの危機(現状認識)

第一の危機は、開発、利用のための乱獲など、人間活動の強い影響で生物が絶滅の危険にさらされたり、自然が破壊される。昔から存在しているけれども最近いっそう深刻化している危機。

第二の危機は、伝統的な農業や生活と係わる自然への働きかけがなくなったこと、里山や田園の自然の手入れが不十分になったことによる危機。

第三の危機は、日本の自然になじまない、新たにもたらされた生物、外来種や、自然界には存在しない化学物質によってもたらされる問題。修復が難しく有効な対策が求められる。

# 3つの目標

1.各地域固有の生物の多様性を、その地域の特性に応じて適切に保全すること

2. とくに日本に生息・生育する種に、あらたな 絶滅のおそれが生じないようにすること

3.世代を越えた自然の利用を考えて、生物の 多様性を減少させず、持続可能な利用を図る こと

#### 新·生物多樣性国家戦略

#### 7つの提案

#### 具体的な新規の政策に

- 1. 絶滅防止と生態系の保全
- 2. 里地里山の保全
- 3.自然の再生
- 4. 外来種対策

自然再生推進法

外来生物対策法

- 5.モニタリングサイト1000
- 6.市民参加·環境学習
- 7. 国際協力

# 絶滅危惧種サクラソウのモニタリング

- ■なぜサクラソウか (絶滅危惧種のモデルとしての サクラソウ)
- ●生活史の解明
- ●個体群をどうとらえるか 個体群のモニタリング
- ■種内の多様性のモニタリング
- ■植物の絶滅機構の理解をするために
- ●市民参加のモニタリングへ

#### 日本には14種のサクラソウ属植物が自生



チノクコザクラ



サクラソウ最も広く分布



めずらしい白いサクラソウ



ハクサンコザク





エゾコザクラ

#### 江戸時代にはじまるサクラソウの園芸文化

#### 江戸の桜草売り



# 尸田の草掘り て四文が朝さくら

川柳江戸吉原図絵」

花 咲

男

# 誰が花か格子にちらり桜草

(浪華さくらそう会誌より)

#### 絵画に見る桜草

江戸時代末期の戸 だのはらの様子当 時のサクラソウ自 生地ののどかな雰 囲気が伝わってく る。絵に描かれて いる1茎に1花 咲きのサクラソウ は、実物のサクラ ソウとは異なり、 だいぶデフォルメ されている。喜斎 立祥(明治2年 没) 画。個人蔵。



朝日百科植物の世界より

# <u>サクラソウはどんな場所に生えている?</u>





火山の近く

# サクラソウの代表的な生育場所

#### 熊本県 阿蘇 野焼きされる草原





#### サクラソウの代表的な生育場所

埼玉県浦和 荒川野焼き・草刈りされる河川敷







#### サクラソウの代表的な生育場所

#### 頻繁に草刈される田畑脇



長野県 水田脇土手



群馬県 田のあぜ



群馬県 畑の脇

人間活動と相性が良い植物 - サクラソウ -

サクラソウがみられるのは・・・

落葉樹林の林床

草原

田畑脇

# 春先に明るい湿った場所

草刈りや野焼きなど、人の手によって 維持管理されてきた場所

#### サクラソウの生育に必要な人間活動

草原や落葉樹林が維持される利用・管理・・・適度な攪乱 サクラソウをはじめとする明るい環境を好む動植物 の生息・生育の条件を整える



#### 伝統的な人間活動と相性の良いサクラソウだけど...

- \* 雑木林・草原の利用・管理の放棄
- ⇒ 針葉樹の植林(拡大造林)
- 🦥 リゾート開発



•自生地の喪失

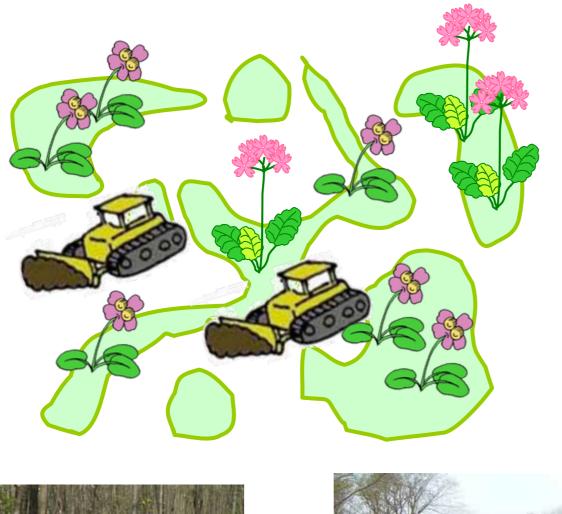
- •草原が藪に
- •雑木林の地面に落ち葉が堆積

#### 生育適地の喪失及び分断孤立化



いまや絶滅危惧種に...

「昔は普通種/今は絶滅危惧種」の代表



開発などによる 生育場所の 縮小・分断化



針葉樹植林







生育地分断化

#### サクラソウの生活史





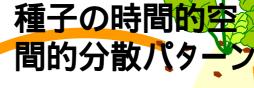
種子分散

## マルハナバチ女王を介した授粉・

配偶パターン

花粉の持ち越しが大きい. (Matsumura and Washitani 2002)

長花柱花と短花柱花の形態には異なる選択 (Nishihiro et al. 2000)



種子は親ラメットから10cm内外に 局所的に散布

地表面では平均約30%,2cm以上 埋没すると約60%の種子が永続的 シードバンクになる.

ストレス/生産性

永続的土壌 シードバンク

#### 開花

生物間相互作用

ポリネータ ハナムグリハネカクシ 属の昆虫/クロホ病菌 (Washitani et al. 1996)

ラメット開花は越冬芽の大きさに指標される 1ラメットが生産する芽の数と大きさの間 にはトレードオフの関係 芽の数と大きさのバランスには大きなジェ ネット間変異 (Nakamura et al. unpublished)

クローン成長

生理生態学的特性

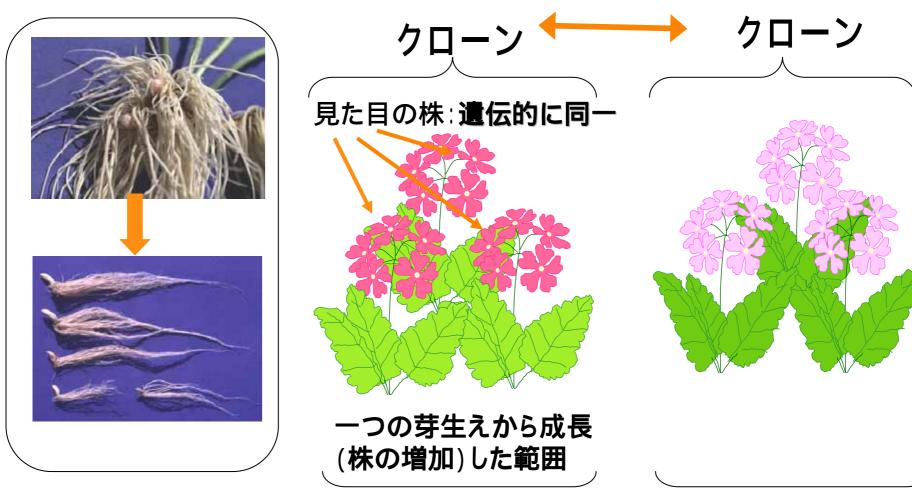
攪乱

#### 実生の発生・定着

実生の発生位置は,成熟ラメット の近くで,かつリターの蓄積のない 場所に限られる.(Ajima and Washitani unpublished)

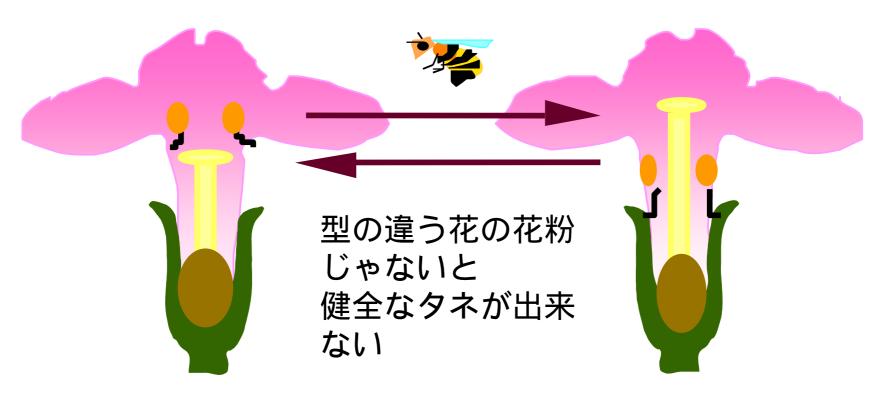
# 二次元的成長 = クローン成長

遺伝的に異なる



#### 開花と有性生殖

相性のよい相手がいないとタネができない? ~ サクラソウの特別な繁殖様式~



めしべが低くて おしべが高い 「短花柱花」型 めしべが高くて おしべが低い 「長花柱花」型

# サクラソウのお仲人さん トラマルハナバチの女王

トラマルハナバチ 花の進化に大きな影響を与えた



花筒 舌に長花柱花と短花柱 花の花粉を付け分けて 運ぶのでサクラソウに 都合の良い受粉

トラマルハナバチ女王

サクラソウ



舌の長さ

= 花筒の長さ

活動時期(春)

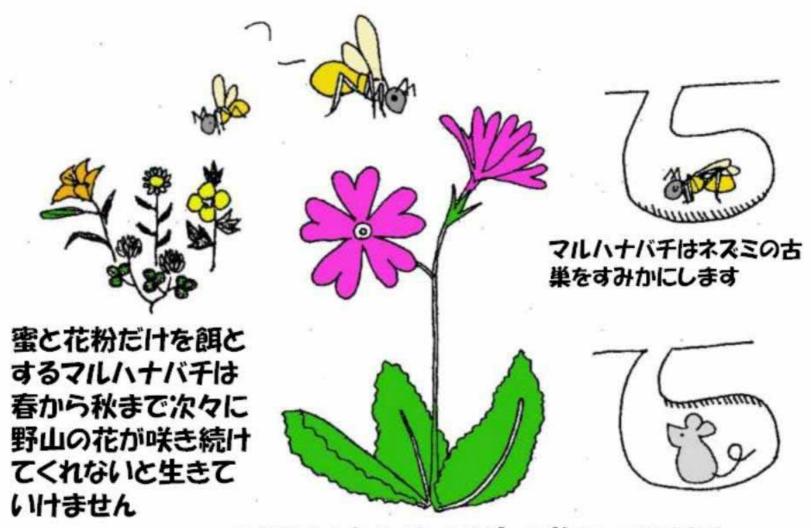
花の時期

日本全国に生息

= 日本全国に生育

マルハナバチが米たかどうか爪あとで分かる!

## マルハナバチ媒花:生物多様性のシンボル



サクラソウをめぐる生き物のつながり

## 種内の多様性と保全生態学上の課題

保全単位を明らかにする/絶滅リスクと遺伝的動態についての理解を深める

#### 種内の多様性は 階層的な認識 が必要

地理的変異(地域間の多様性)

地域内の個体群間変異

長期的・短期的視野での遺伝子流動の把握

遺伝的・進化的意味での保全単位の決定

個体群内の変異

個体群の存続可能性(絶滅リスク)の予 測・評価

# 遺伝マーカーの利用

# ~ サクラソウの保全単位を探る ~

生育地の復元を計る際には、どの地域の サクラソウが同じ一族に属するのかを踏 まえることが重要。

「同じ一族」がすなわち、保全の実践において配慮すべき種内の集団の範囲 = 「保全単位」である。

#### 葉緑体DNA、マイクロサテライトのマーカー開発

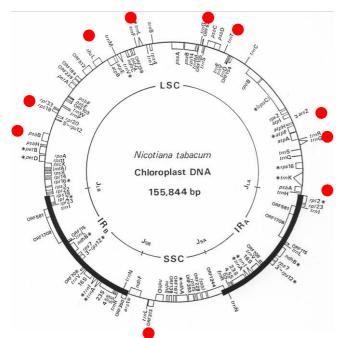
#### 葉緑体DNAマーカー

タバコの葉緑体DNAをもとに26領域の調査

PCR増幅可能な19領域で塩基配列を比較



11領域で種内変異が存在 (塩基置換、挿入・欠失)



●:サクラソウで種内変異が見られた領域

マイクロサテライトマーカー

Magnet beadsによる濃縮法により 3種類の濃縮ライブラリーを作製



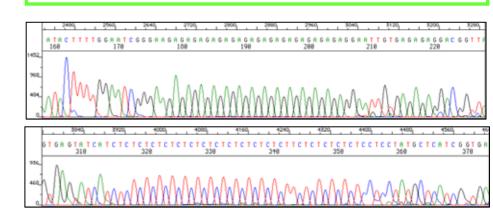
2290クローンの塩基配列決定



298マーカーでPCRプライマーの デザイン

68マーカーが分離分析に利用可

濃縮率60.6%のゲノミックDNA ライブラリー作成



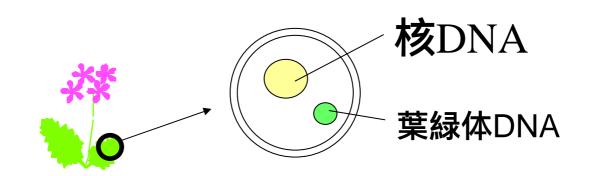
#### 核DNA

# (マイクロサテライトマーカー)

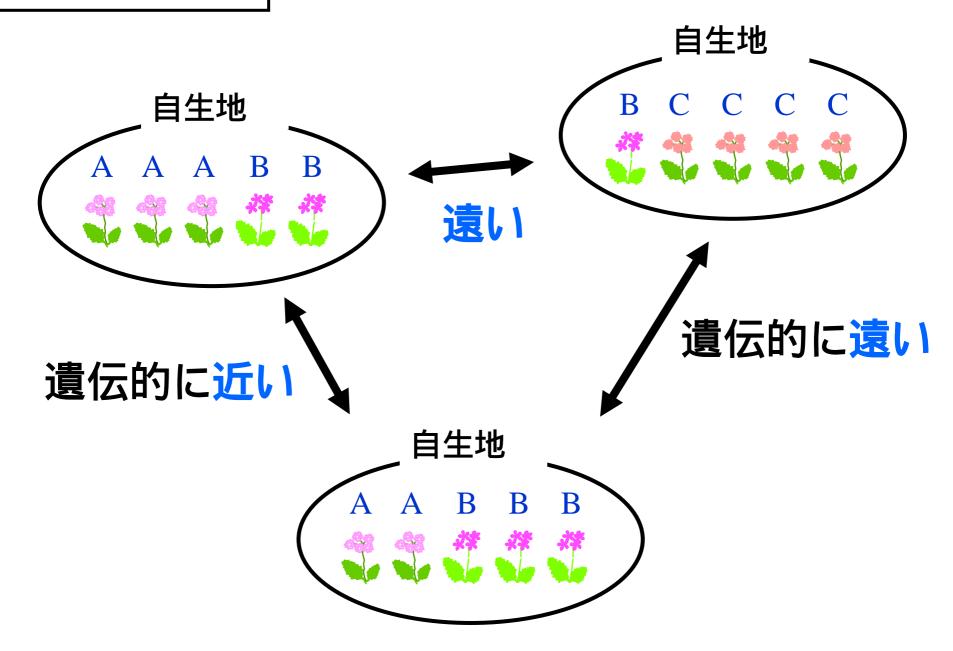
核DNAは、母親(種子)と父親(花粉)の両方から伝わる。

生き物の子供が母親にも父親にも似ているのは、両親から 核DNAを引き継いでいるからである。

サクラソウの個体群間で、核DNAを比べた場合によく似ていれば、歴史的に同じ一族に属するといえる。すなわち、花粉や種子を交換してきたものと考えられる。

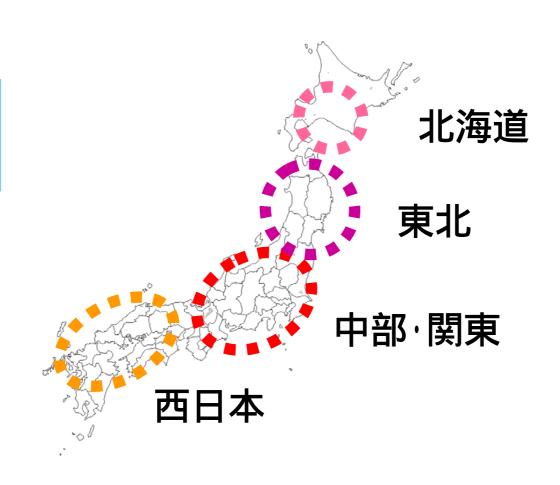


# 核DNA分析



## <u>どこの地域のサクラソウが遺伝的に近い?</u>

核DNAを みると



・4つの遺伝的グループ

#### 葉緑体DNA

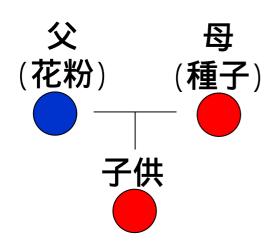
#### 母方(種子)の家系に注目した分析

同じ母系に属する個体が どこの地域まで分布を広げているのかが分かる

母系遺伝をする。

すなわち、母親(種子)からのみ子供に伝わり、父親(花粉)が持つ葉緑体DNAは子供に伝わらない。

人間の血液型のように、サクラソウ種内にもいくつかの葉 緑体DNAタイプがあり、同じ葉緑体DNAタイプのサクラ ソウは同じ母系に属する。



同じ葉緑体DNAタイプを示す サクラソウは、系譜を遡れば 同じお母さんに由来

### どこの地域のサクラソウが遺伝的に近い?

葉緑体DNA をみると

母方の 系譜が分かる



3つの母系グループ

# 核DNA & 葉緑体DNA 母系 北海道グループ 母系 東北グループ

西日本グループ

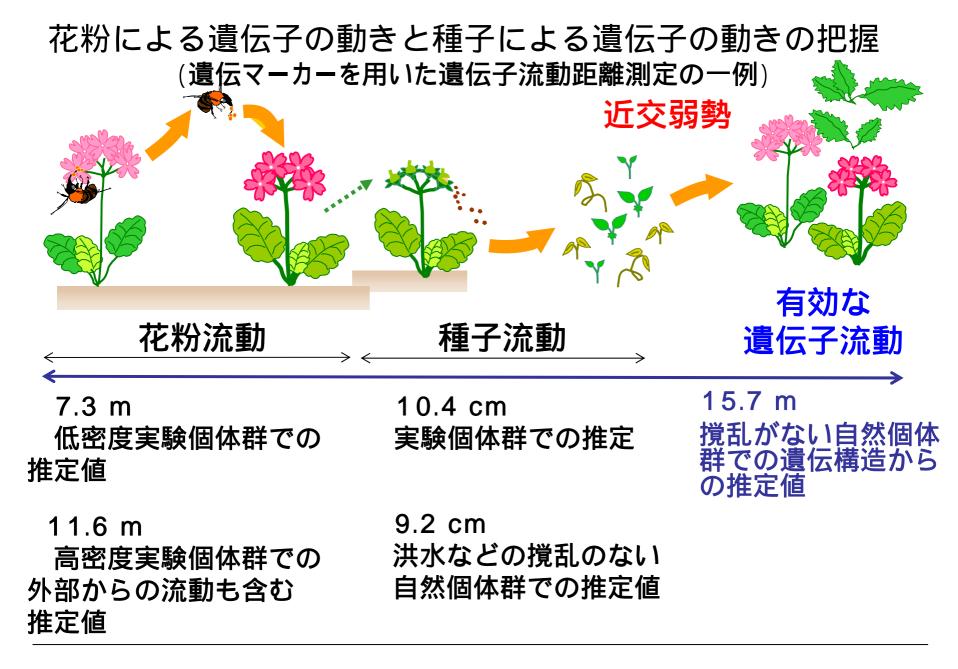
母系

大きく見た保全単位

中部グループ

• 絶滅リスクの評価に必要な遺伝的動態を明 らかにする研究

遺伝子マーカーが有効なツールに

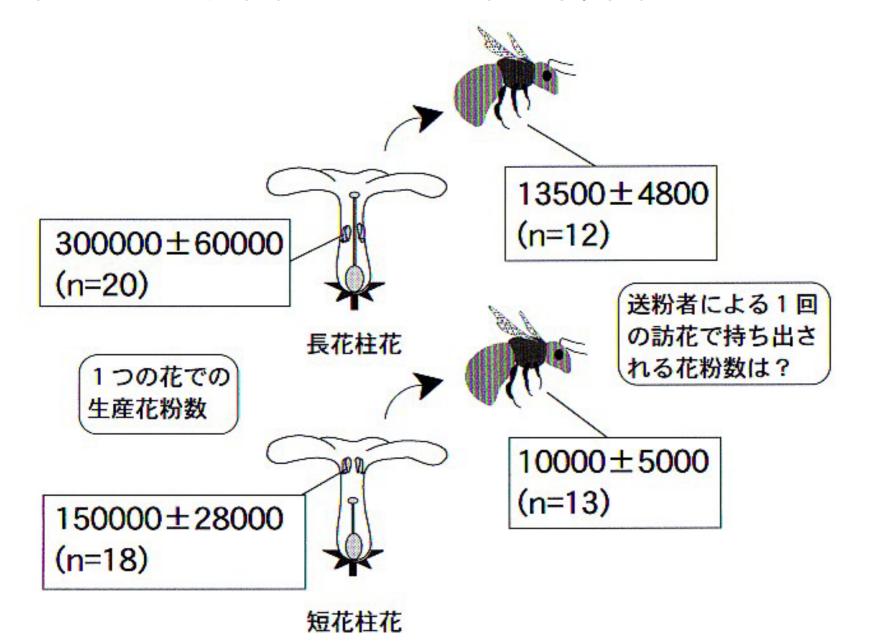


限られた遺伝子流動は近親個体の集中分布 血縁構造 を生じる

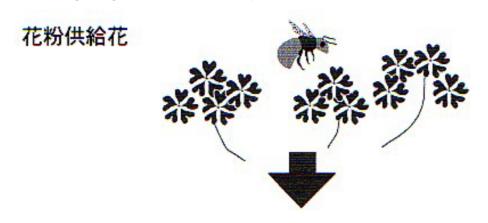
# マルハナバチの訪花に伴う花粉分散過程 ~ 小規模な網室を用いた実験 ~ 生態的裏付け



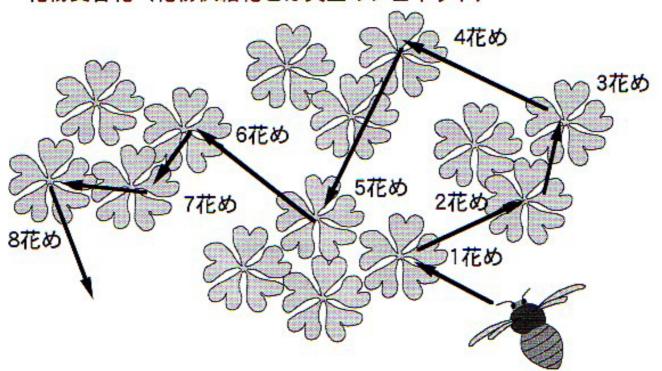
#### 花あたりの生産花粉数と1回の訪花に伴う花粉の持ち出し数



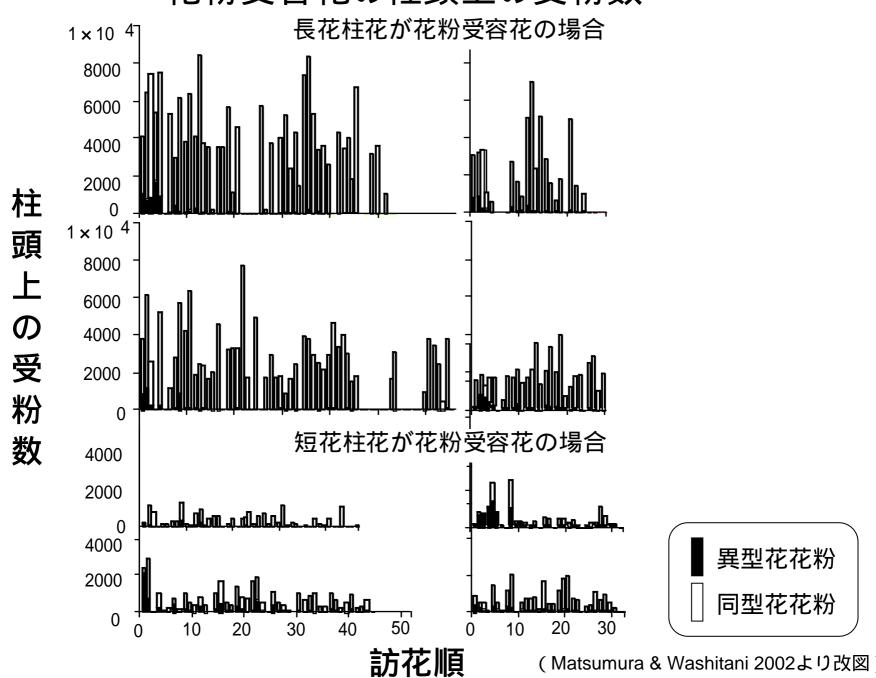
#### 花粉の持ち越しを測定する実験の手順



花粉受容花(花粉供給花とは異型のジェネット)

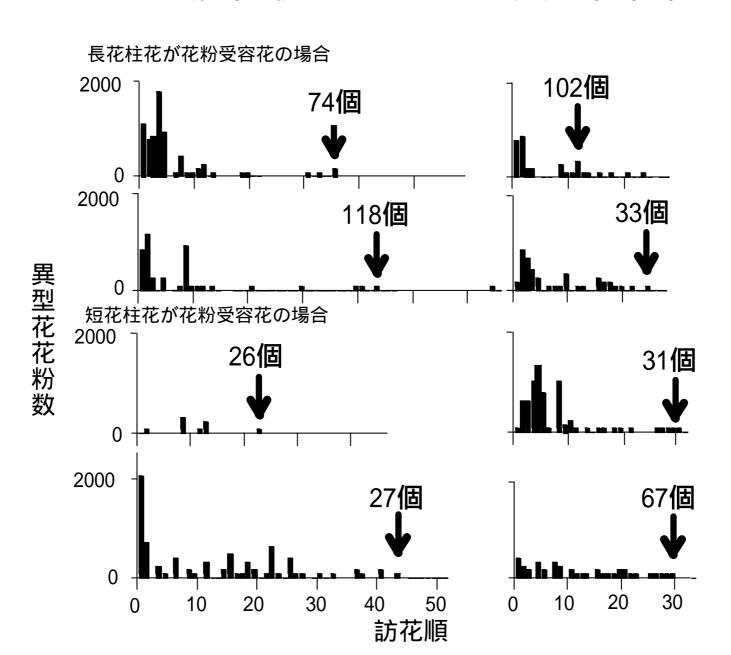


#### 花粉受容花の柱頭上の受粉数

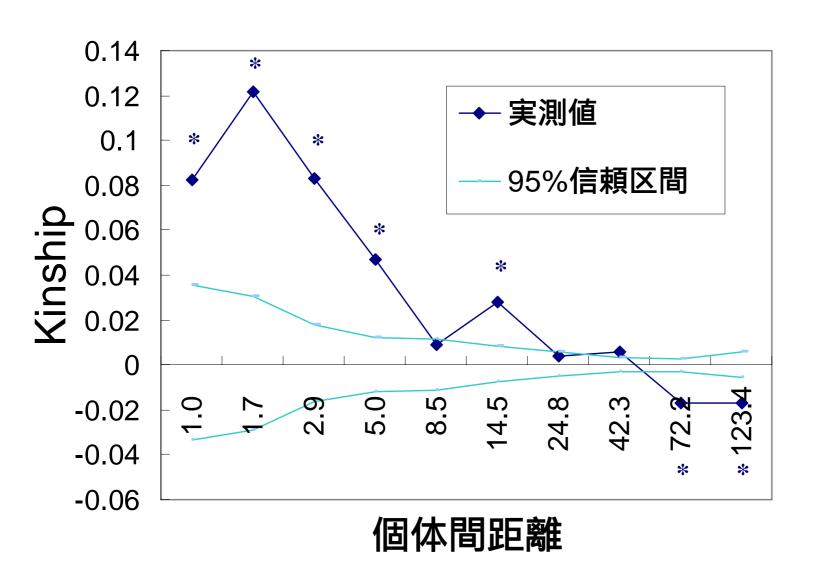


(Matsumura & Washitani 2002より改図)

#### 遅い訪花順まで運ばれた異型花花粉



#### 北海道日高地方の個体群の血縁構造



14.5m以内で有意に正の血縁度

#### 近交弱勢とは...

近縁な両親の間の子どもは、生存力・繁殖力が弱い(その"弱さ"を「近交弱勢」という)

実験的に自殖(自家受粉)を行った場合、実生の異常や成長の遅れが見られ、結果的に開花期まで生き残ることができた個体は4%に満たなかった(=開花期までの近交弱勢が95%以上)

#### 実生の異常

葉緑体欠損 屈地性異常 発生異常 葉の欠損

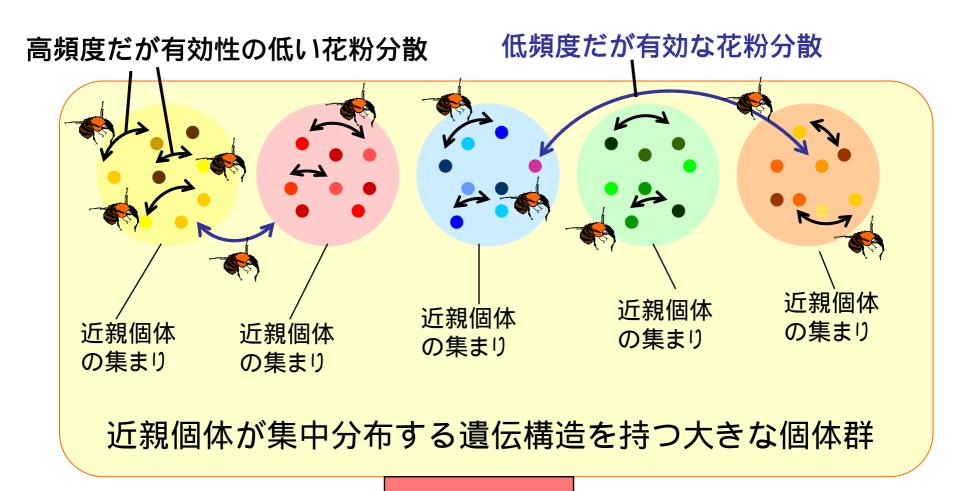




成長の遅れ

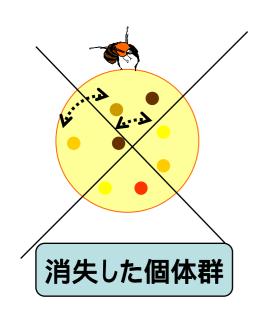


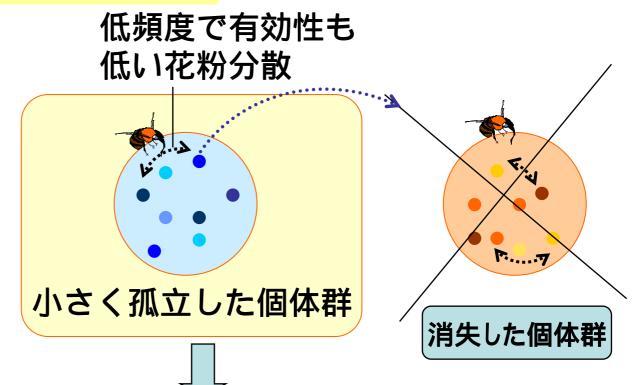
### 分断孤立化がもたらす問題



分断孤立化が進むと...

## 分断孤立化が進むと...





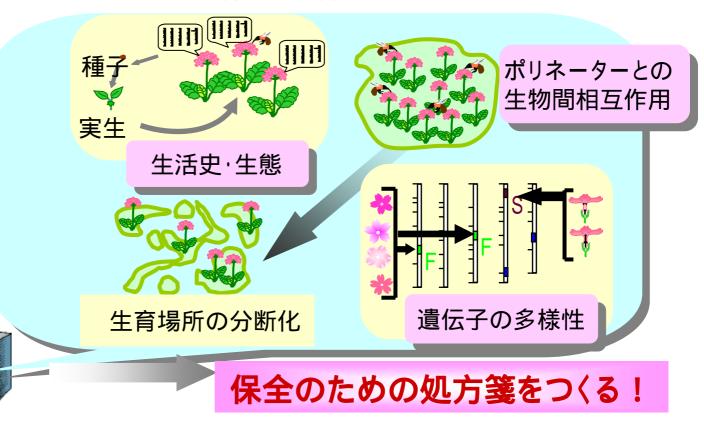
繁殖(有性生殖)の失敗 (高い近交弱勢)

他殖性植物に共通する問題

保全の際の重大な配慮事項

#### サクラソウを保全するために必要なこと

サクラソウの生物多様性モニタリング それにもとづく処方箋を作って保全



いずれの段階でも重要な市民との協働!
そのための情報共有システムの構築は重要な課題