

課題番号： 4-1902

研究課題名： ゲノム情報に基づくテーラメイド
生物多様性保全策の構築と検証

体系的番号： JPMEERF20194002

重点課題： ⑫ 生物多様性の保全とそれに資する科学的知見の
充実に向けた研究・技術開発

研究代表機関名： 京都大学

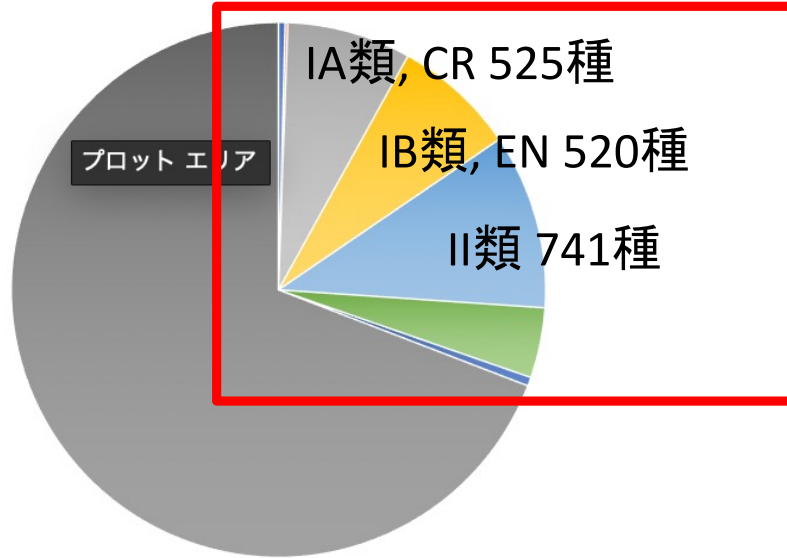
研究代表者名： 井鷲裕司

研究実施期間： 2019～2021年度

研究分担機関名： 東北大学

1. はじめに 背景： 様々な生態系・分類群における生物多様性の危機と対応

レッドリスト掲載種



日本の維管束植物 約7,000種



絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律、いわゆる「種の保存法」

1992年

■生物多様性保全の中心となる重要な法律として制定

2013年 改正

■国内希少野生動植物種：施行以来20年で90種が指定されてきたが、2020年までに300種を新規指定する

■罰則の強化：個人では5年以下の懲役もしくは500万円以下の罰金、法人では1億円以下の罰金

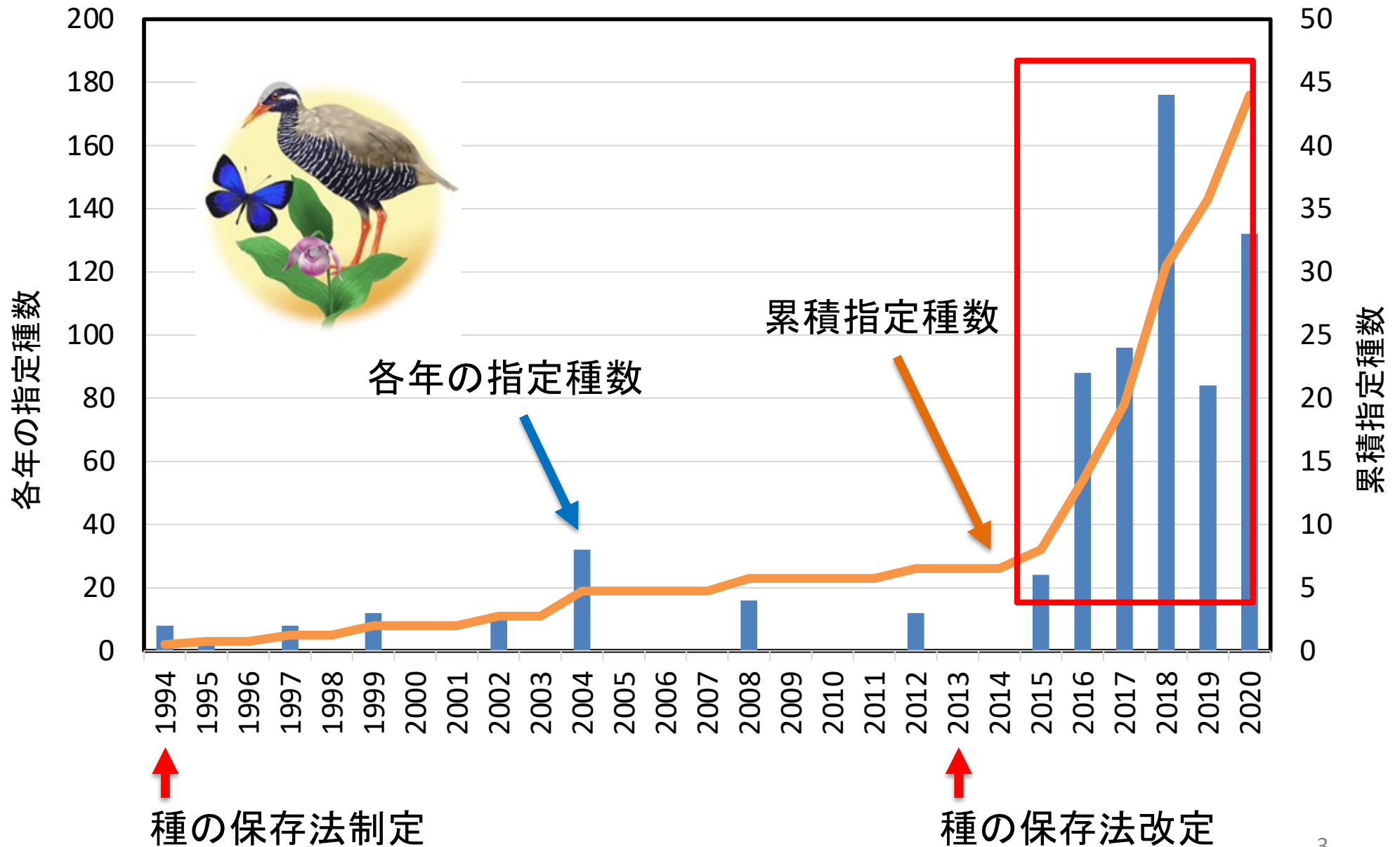
2017年 改正

■2030年までに、国内希少野生動植物種を700種指定する

国内希少野生動植物種の例
政府広報オンラインより



1.背景：国内希少野生動植物種(維管束植物)指定種の急増



1.背景：希少種保全上の問題1 多数の希少種の保全価値・優先度

2018年指定

<i>Arisaema abei</i>	ツルギテンナンショウ
<i>Arisaema aprile</i>	オドリコテンナンショウ
<i>Arisaema cucullatum</i>	ホロテンナンショウ
<i>Arisaema inaense</i>	イナヒロハテンナンショウ
<i>Arisaema ishizuchiense</i> ssp. <i>Ishizuchiense</i>	イシツチテンナンショウ
<i>Arisaema kuratae</i>	アマギテンナンショウ
<i>Arisaema nagiense</i>	ナギヒロハテンナンショウ
<i>Arisaema ogatae</i>	オガタテンナンショウ(ツクシテンナンショウ)
<i>Arisaema seppikoense</i>	セツピコテンナンショウ
<i>Asarum hexalobum</i> var. <i>controversum</i>	シシキカンアオイ(シジキカンアオイ)
<i>Asarum kinoshitae</i>	ジュロウカンアオイ
<i>Asarum monodoriflorum</i>	モノドラカンアオイ
<i>Asarum sakawanum</i> var. <i>stellatum</i>	ホシザキカンアオイ
<i>Asarum satsumense</i>	サツマアオイ
<i>Asarum yaeyamense</i>	ヤエヤマカンアオイ
<i>Asplenium tenerum</i>	オトメシダ
<i>Deparia minamitanii</i>	ヒュウガシケシダ
<i>Diplazium pin-faense</i>	フクレギシダ
<i>Diplazium subtripinnatum</i>	ムニンミドリシダ
<i>Crepidiastrum ameristophyllum</i>	ユズリハワダン
<i>Saussurea mikurasimensis</i>	ミクラジマトウヒレン
<i>Saussurea yakusimensis</i>	ヤクシマヒゴタイ(ヤクシマトウヒレン)
<i>Draba igarashii</i>	シリベシナズナ
<i>Ctenitis microlepigera</i>	コキンモウイノデ
<i>Dryopteris hangchowensis</i>	キリシマイワヘゴ
<i>Polystichum piceopaleaceum</i>	サクラジマイノデ
<i>Claoxylon centinarium</i>	セキモンノキ
<i>Hypodematium fordii</i>	リュウキュウキンモウワラビ
<i>Myrsine okabeana</i>	マルバタインタチバナ
<i>Gastrodia albida</i>	ヤクシマヤツシロラン
<i>Gastrodia uraiensis</i>	タブガワヤツシロラン
<i>Odontochilus hatusimanus</i>	ハツシマラン
<i>Platanthera boninensis</i>	シマツレサギソウ
<i>Drynaria roosii</i>	ハカマウラボシ
<i>Leptochilus decurrens</i>	オキノクリハラン
<i>Potamogeton praelongus</i>	ナガバエビモ
<i>Callianthemum kirigishiense</i>	キリギシソウ
<i>Deutzia naseana</i> var. <i>amanoi</i>	オキナワヒメウツギ
<i>Lycianthes boninensis</i>	ムニンホオズキ
<i>Stachyurus macrocarpus</i> var. <i>macrocarpus</i>	ナガバキブシ
<i>Stachyurus macrocarpus</i> var. <i>prunifolius</i>	ハザクラキブシ
<i>Grewia rhombifolia</i>	ヒシバウオトリギ(アツバウオトリギ)
<i>Sciaphila yakushimensis</i>	ヤクシマソウ
<i>Procris boninensis</i>	セキモンウライソウ

2019年指定

<i>Sagittaria natans</i>	カラフトグワイ
<i>Polyalthia liukiensis</i>	クロボウモドキ
<i>Arisaema kawashimae</i>	トクノシマテンナンショウ
<i>Lonicera kurobushiensis</i>	クロブシヒョウタンボク
<i>Lonicera uzensis</i>	ウゼンベニバナヒョウタンボク
<i>Triosteum pinnatifidum</i>	ホザキツキヌキソウ
<i>Aster asagrayi</i> var. <i>walker</i>	ヨナクニイソノギク
<i>Polystichum lonchitis</i>	ヒイラギデンダ
<i>Eriocaulon seticosus</i>	ヒュウガホシクサ
<i>Geranium shikokianum</i> var. <i>yoshiianum</i>	ヤクシマフクロ
<i>Crotalaria uncinella</i>	エダウチタヌキマメ
<i>Intsia bijuga</i>	タシロマメ
<i>Fritillaria kaiensis</i>	カイコバイモ
<i>Peristylus lacertifer</i>	タコガタサギソウ
<i>Piptatherum kuoi</i>	イネガヤ
<i>Tomophyllum sakaguchianum</i>	キレハオオクボシダ
<i>Pteris formosana</i>	タイワンアマクサシダ
<i>Ranunculus pygmaeus</i>	クモマキンボウゲ
<i>Thalictrum uchiyamae</i>	ムラサキカラマツ
<i>Randia sinensis</i>	ヒジハリノキ
<i>Triumfetta procumbens</i> var. <i>glaberrima</i>	ケナシハテルマカズラ

2020年指定

<i>Arisaema minamitanii</i>	ヒュウガヒロハテンナンショウ
<i>Asarum misandrum</i>	アソサイシン
<i>Asarum mitoanum</i>	フクエジマカンアオイ
<i>Lonicera fragrantissima</i>	ツシマヒョウタンボク
<i>Lonicera linderifolia</i> var. <i>linderifolia</i>	ヤブヒョウタンボク
<i>Saussurea japonica</i>	ヒナヒゴタイ
<i>Berteroella maximowiczii</i>	ハナナズナ
<i>Isolepis crassiuscula</i>	ビヤッコイ
<i>Polystichum grandifrons</i>	キュウシュウイノデ
<i>Scutellaria kikai-insularis</i>	ヒメタツナミソウ
<i>Chionographis koidzumiana</i> var. <i>kurokamiana</i>	クロカミシライトソウ
<i>Tricyrtis ishiiana</i> var. <i>ishiiana</i>	サガミジョウロウホトトギス
<i>Tricyrtis ishiiana</i> var. <i>surugensis</i>	スルガジョウロウホトトギス
<i>Tricyrtis perfoliate</i>	キバナノツキヌキホトトギス
<i>Najas tenuicaulis</i>	ヒメイバラモ
<i>Acanthephippium pictum</i>	エンレイショウキラン
<i>Calanthe formosana</i>	タイワンエビネ
<i>Crepidium kandae</i>	カンダヒメラン
<i>Eulophia taiwanensis</i>	タカサゴヤガラ
<i>Liparis nikkoensis</i>	ヒメスズムシソウ
<i>Odontochilus nanlingensis</i>	ヒメシラヒゲラン
<i>Oreorchis itoana</i>	コハクラン
<i>Cheilanthes krameria</i>	イワウラジロ
<i>Haplopteris yakushimensis</i>	オオバシシラン
<i>Aconitum ciliare</i>	ハナカズラ
<i>Aconitum iidemontanum</i>	イイデトリカブト
<i>Aconitum metajaponicum</i>	オンタケブシ
<i>Ranunculus yatsugatazensis</i>	ヤツガタケキンボウゲ
<i>Mitella amamiana</i>	アマミチャルメルソウ
<i>Veronicastrum noguchii</i>	イスミスズカケ
<i>Viola tashiroi</i> var. <i>tairae</i>	イシガキスミレ
<i>Viola thibaudieri</i>	タデスミレ
<i>Viola utchinensis</i>	オキナワスミレ

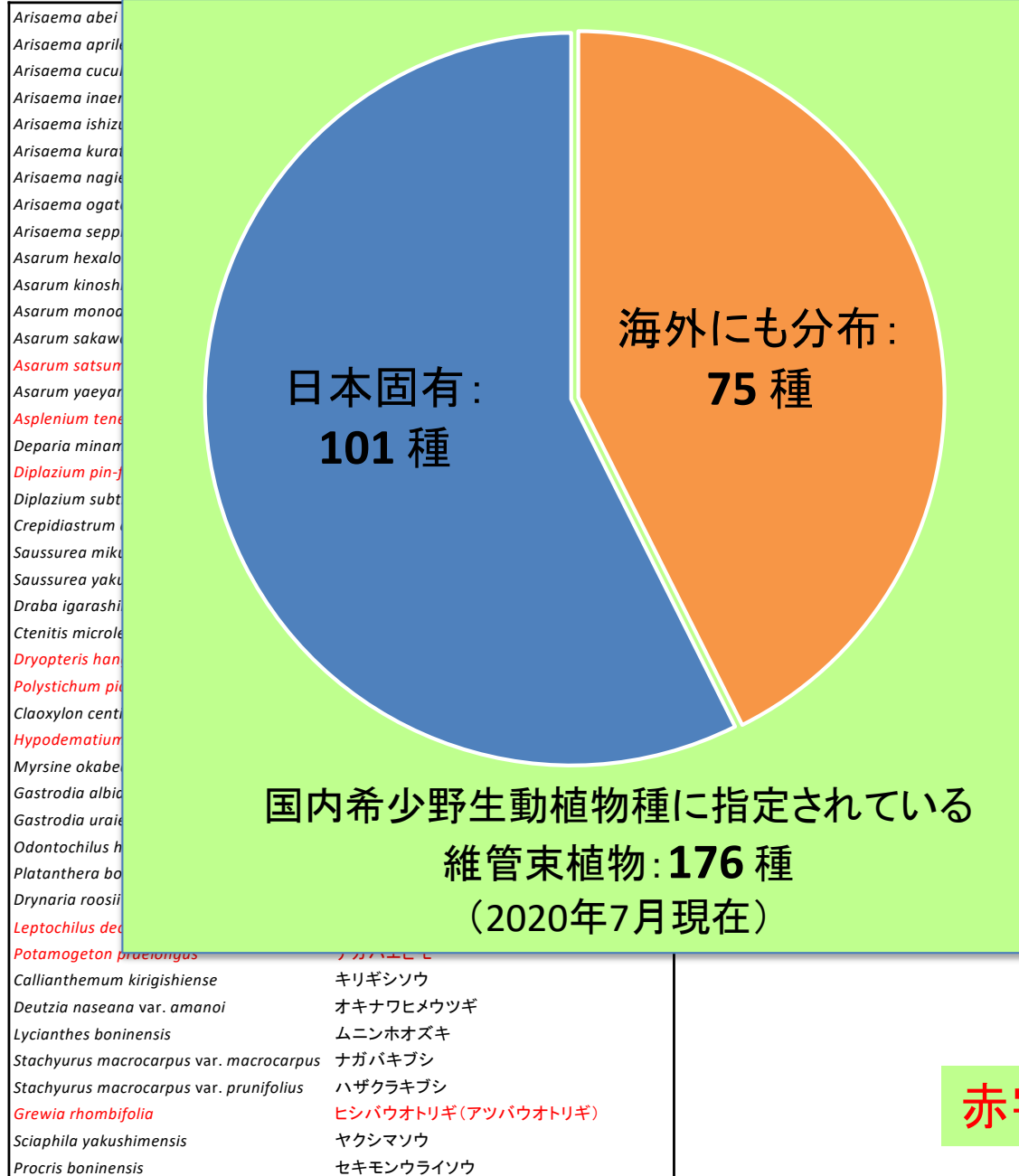
過去3年間に指定された維管束植物の
国内希少野生動植物種

1.背景：日本固有でない国内希少野生動植物種（維管束植物）

2018年指定

2019年指定

2020年指定



フトグワイ
ボウモドキ
ノシマテンナンショウ
ブシヒョウタンボク
ゼンベンバナヒョウタンボク
フキツキヌクソウ
クニイソノギク
ラギデンダ
ウガホシクサ
アシマフウロ
ウチタヌキマメ
シロマメ
コバイモ
ガタヤ
ハガヤ
ハオ
ワシ
マキ
サキ
ハリ
シハ

<i>Arisaema minamitanii</i>	ヒュウガヒロハテンナンショウ
<i>Asarum misandrum</i>	アソサイシン
<i>Asarum mitoanum</i>	フクエジマカンアオイ
<i>Lonicera fragrantissima</i>	ツシマヒョウタンボク
<i>Lonicera linderifolia</i> var. <i>linderifolia</i>	ヤブヒョウタンボク
<i>Saussurea japonica</i>	ヒナヒゴタイ
<i>Berteroella maximowiczii</i>	ハナナズナ
<i>Isolepis crassiuscula</i>	ビヤッコイ
<i>Polystichum grandifrons</i>	キュウシュウイノデ
<i>Scutellaria kikai-insularis</i>	ヒメタツナミソウ
<i>Chionographis koidzumiana</i> var. <i>kurokamiana</i>	クロカミシライトソウ
<i>Tricyrtis ishiiana</i> var. <i>ishiiana</i>	サガミジョウロウホトギス
<i>Tricyrtis ishiiana</i> var. <i>surugensis</i>	スルガジョウロウホトギス
<i>Oreorchis itoana</i>	コハクラン
<i>Cheilanthes krameria</i>	イワウラジロ
<i>Haplopteris yakushimensis</i>	オオバシラン
<i>Aconitum ciliare</i>	ハナカズラ
<i>Aconitum iidemontanum</i>	イイデトリカブト
<i>Aconitum metajaponicum</i>	オンタケブシ
<i>Ranunculus yatsugatakenis</i>	ヤツガタケキンポウゲ
<i>Mitella amamiana</i>	アマミチャルメルソウ
<i>Veronicastrum noguchii</i>	イスミスズカケ
<i>Viola tashiroi</i> var. <i>tairae</i>	イシガキスミレ
<i>Viola thibaudieri</i>	タデスミレ
<i>Viola utchinensis</i>	オキナワスミレ

■国内外で同一種なのか？
■保全価値は？
■保全優先度は？

赤字: 海外にも分布する日本の希少種

1.背景： 希少種保全上の問題2 保全難易度

一部の希少種

- 保全しても、個体群回復困難
- 近縁種に比べて脆弱



ホシ
開花
する

なぜ一部の種や集団は保全難易度が高いのか？

- ゲノムに蓄積した有害突然変異の影響？
- 環境適応能力・進化可能性の低下？



コヘラナレン

食害防除策などがとられているが、個体数はなかなか増加しない。

台湾ホトギス

- 種内に保全難易度の異なる集団？

脆弱

- 西表産
滝しぶきのかかる
場所のみに生育

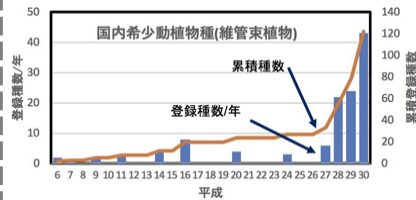
頑強



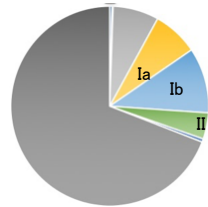
- 園芸流通品
土質は選ばない

2. 研究開発目的

背景: 生物多様性の危機的状況



国内希少野生動植物種(最重要な保全対象)は維管束植物だけで120種を超える←今後も増える



環境省レッドリスト
維管束植物全7000種のうち、
状況が深刻なIa, Ibランクが
1000種以上ある

多数の保護対象ターゲットを保全できるのか?

解決すべき疑問・問題

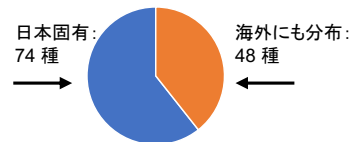
限られた保全リソース(労力、資金、空間、時間)のもとで、合理的、効率的に保全するには?

- (1) 保全する価値は?
- (2) 保全は容易か?

サブテーマ1 保全価値の評価 (京都大・院・農、東北大・院・農)

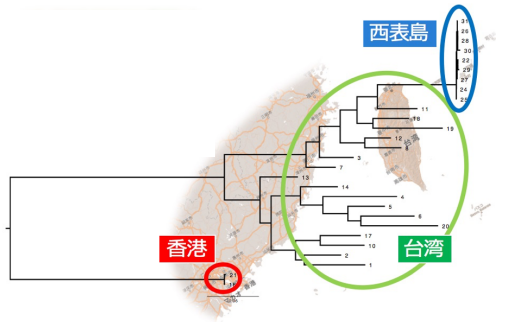
【背景と問題】

- 国内希少野生動植物種の約4割は海外にも分布
- 同一種なのか? ●帰化植物との違いは?
- 保全価値は高いのか?



国内希少野生動植物種に
指定されている維管束植物: 122種

日本と海外に分布する希少
種のゲノム情報を縮約解読
(RAD-seqとMIG-seq)

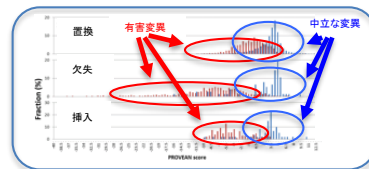


ゲノム情報で真の系統分化、
履歴を推定し、保全価値を評価

サブテーマ2 保全難易度の評価 (東北大・院・生命科学)

【背景と問題】

- 種ごとに栽培・増殖の難易度が異なる
- 育たないのは本質的な脆弱性では?



変異の有害度評価 (PROVEAN)

RNA-seq情報から希少種もつ有害
遺伝子量や環境適応能力を推定

サブテーマ1 統合解析 (京都大・院・農)

【目的】
希少種の(1)保全価値評価, (2)保全
難易度評価に基づく統合的解析

国内希少野生動植物種等希
少種を保全価値や保全難易
度によってカテゴライズ

↓
●テラーメイド生物
保全策の構築

保全リソースの
効率的利活用

適切かつ効率的な
保全策の提案

環境省保護増殖
事業への活用

愛知目標の達成



3. 研究目標

背景: 生物多様性の危機的状況

国内希少野生動植物種(維管束植物)は、登録種数/年と累積種数が増加傾向にある。

国内希少野生動植物種(最重要な保全対象)は維管束植物だけで120種を超える←今後も増える

解決すべき疑問・問題

環境省レッドリスト 維管束植物全7000種のうち、状況が深刻なIa, Ibランクが1000種以上ある

限られた保全リソース(労力、資金、空間、時間)のもとで、合理的、効率的に保全するには？

(1) 保全する価値は？
(2) 保全は容易か？

多数の保護対象ターゲットを保全できるのか？

サブテーマ1
保全価値の評価
(京都大・院・農)

【背景と問題】

- 国内希少野生動物種
- 同一種なのか？
- 保全価値は高いのか？

サブテーマ1

3年間で希少種6種について

■縮約ゲノム解読

■mRNAの網羅的解読

西表島

台湾

日本固有: 74種

国内希少野生動植物種に指定されている維管束植物: 122種

日本と海外に分布する希少種のゲノム情報を縮約解読 (RAD-seqとMIG-seq)

ゲノム情報で真の系統分化、履歴を推定し、保全価値を評価

サブテーマ2
保全難易度の評価
(東北大・院・生)

【背景と問題】

- 種ごとに栽培・増殖難易度
- 育たないのは本質的脆弱性

サブテーマ2

3年間で希少種6種について

■比較ゲノム解析 (有害遺伝子・環境適応能力)

中立な変異

有害遺伝子から希少種もつ有害環境適応能力を推定

サブテーマ1
統合解析
(京大)

サブテーマ1

■統合解析

【目標】希少野生動植物種等の保全難易度評価に基づく統合的解析

国内希少野生動植物種等希少種を保全価値や保全難易度によってカテゴライズ

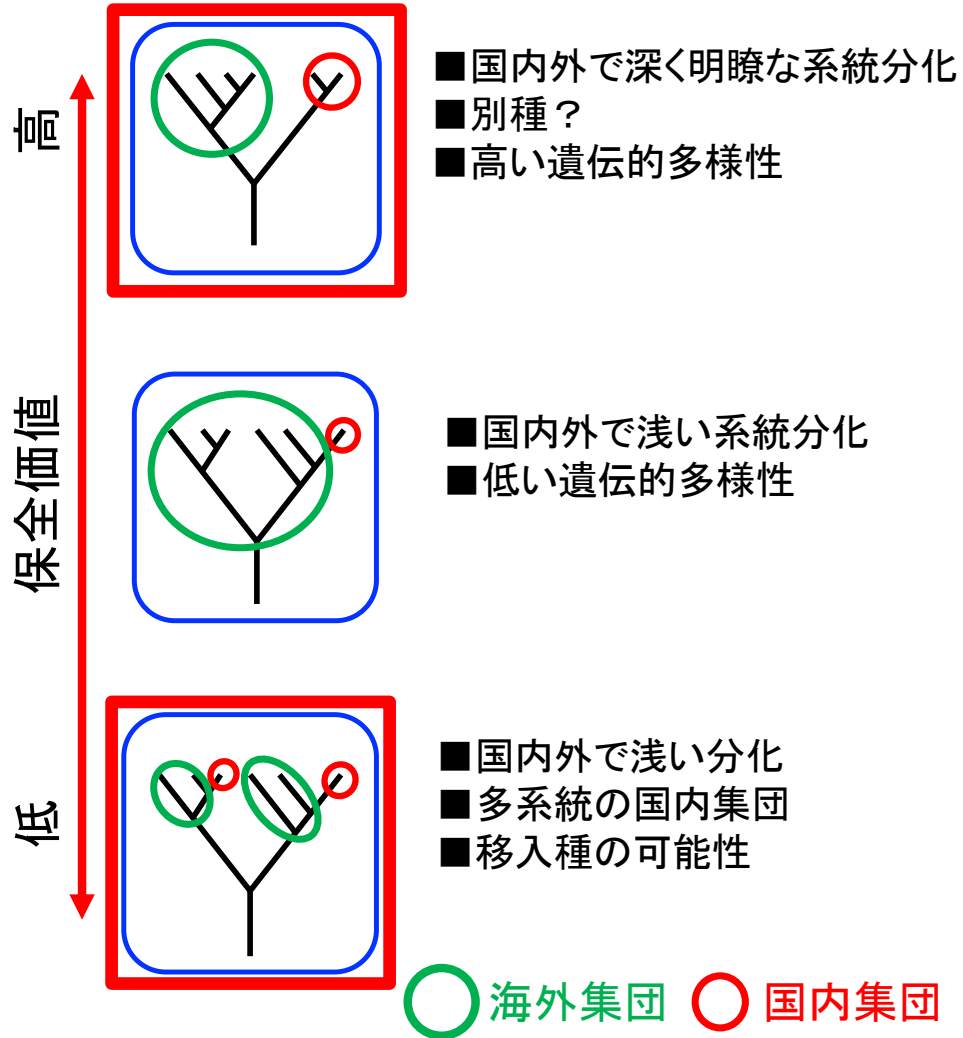
↓

- テララーメイド生物 保全策の構築
- 保全リソースの効率的利活用
- 適切かつ効率的な保全策の提案
- 環境省保護増殖事業への活用
- 愛知目標の達成

4. 研究開発内容

サブテーマ 1: ゲノム縮約解読による国内希少種の保全価値評価

国内希少種で想定される保全価値の違い

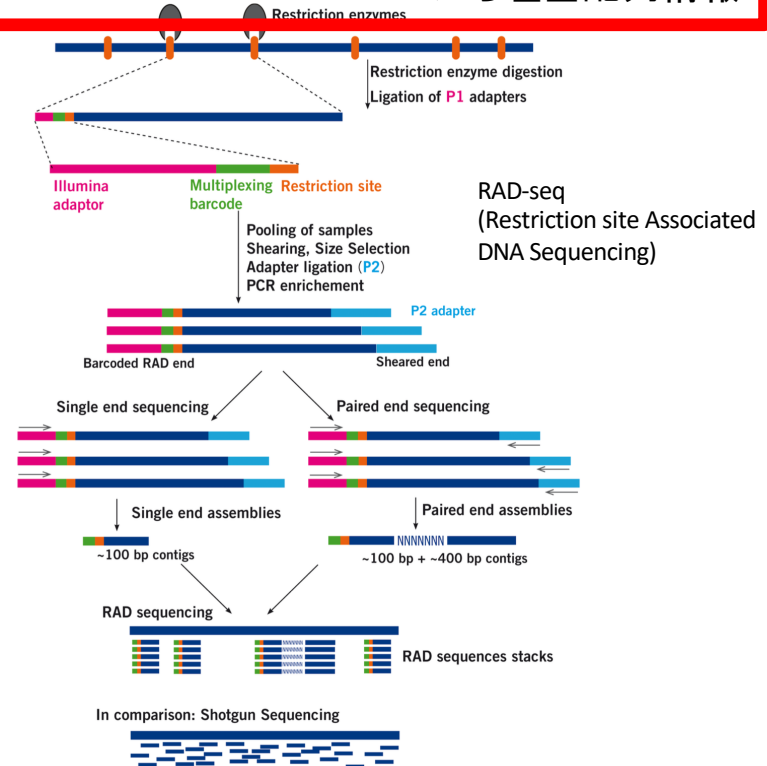


【ゲノム縮約解読】

ゲノム全体から遺伝的変異を縮約的に解読

井鷲(京大): RAD-seqで大量塩基配列情報

陶山(東北大): MIG-seqで少量・劣化サンプルから塩基配列情報



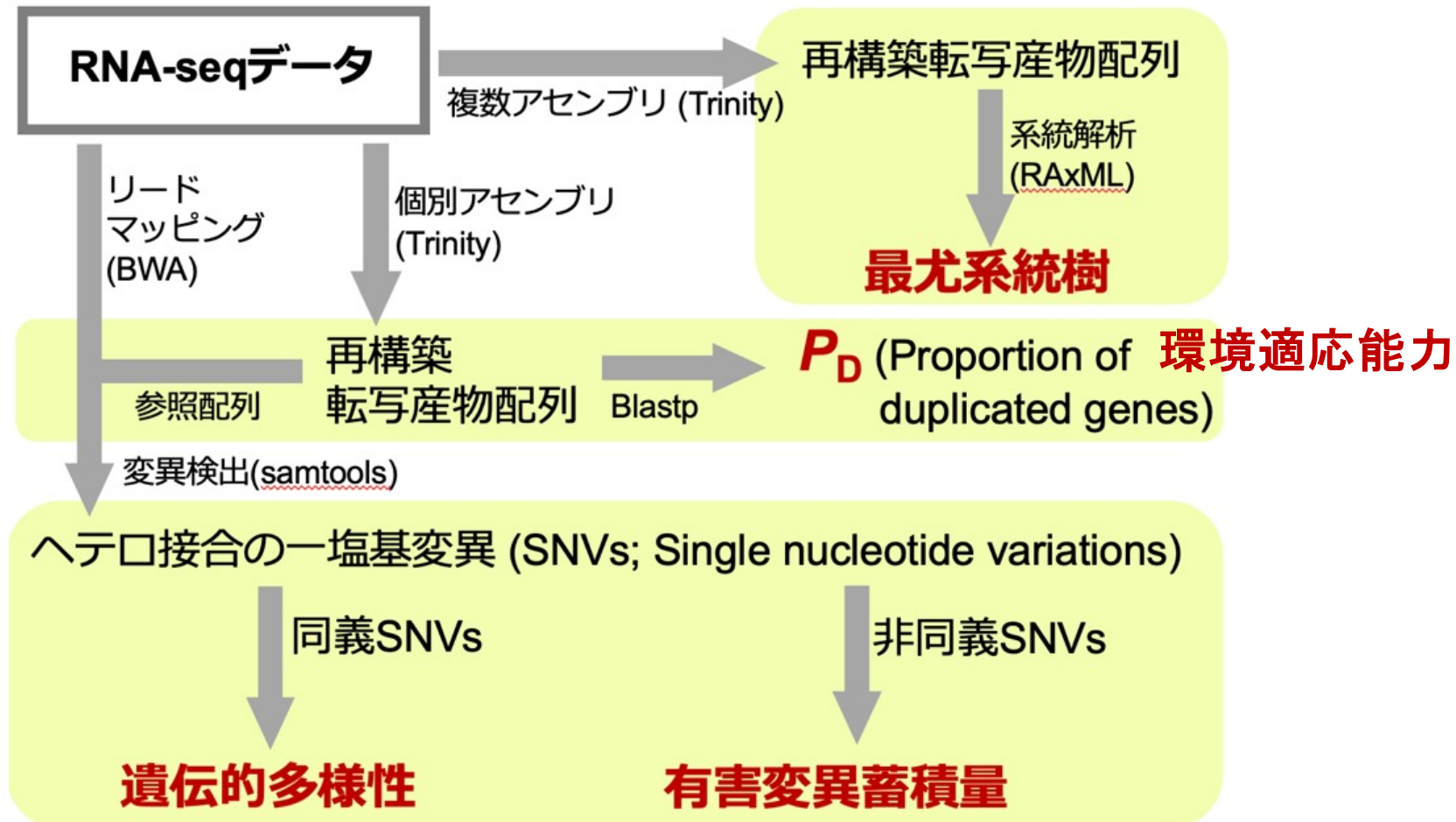
- 国内外の種の同一性
- 国内集団の履歴・遺伝的独自性
- 個体数だけによらない保全価値の評価

4. 研究開発内容

サブテーマ 2: 比較ゲノム解析による希少種の保全難易度評価

希少種3種
国内外の個体から
RNA抽出とRNA-seq

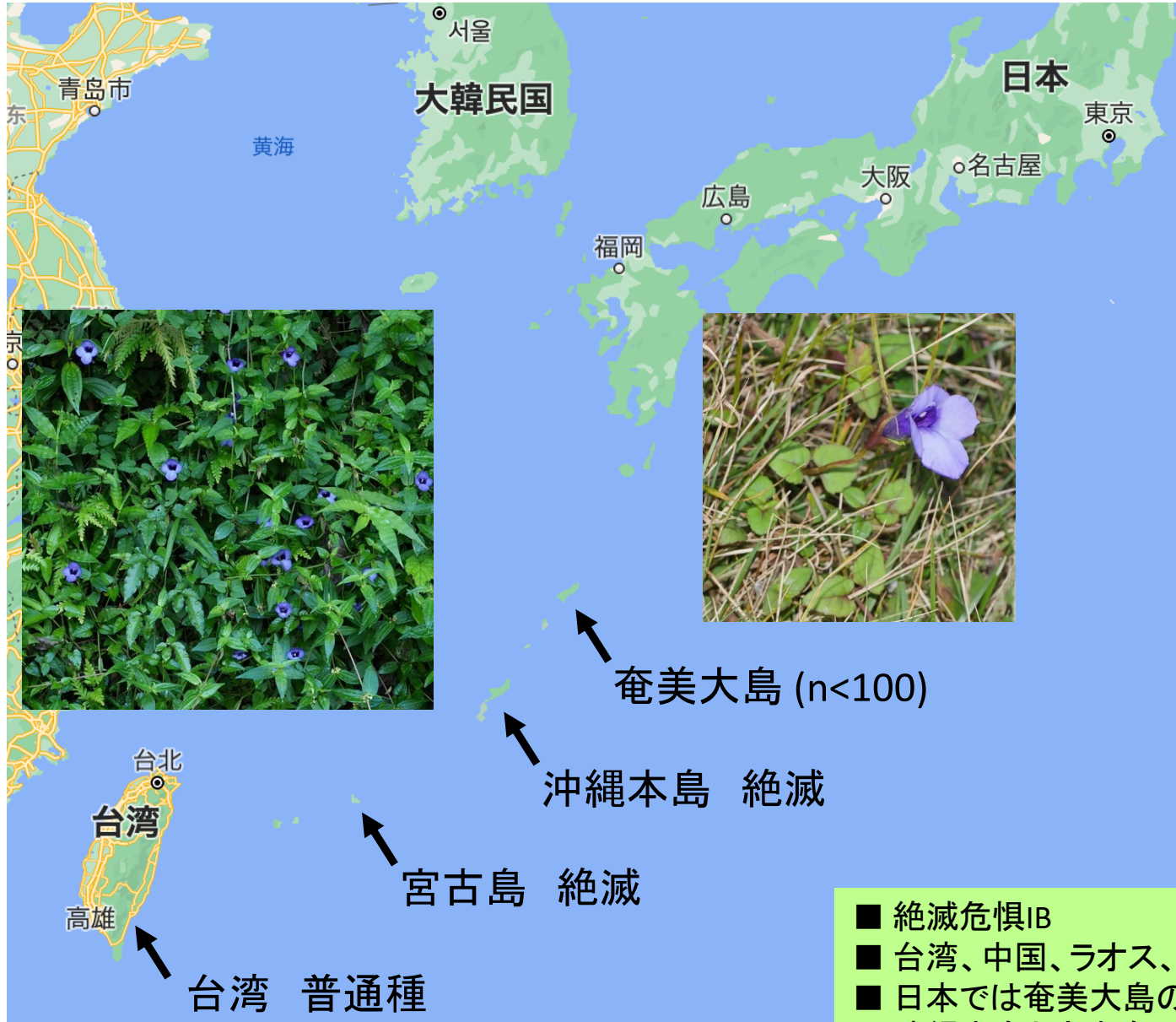
牧野(東北大学): バイオインフォマティクス



5-1. 成果の概要 解析対象種



ツルウリクサ 新たな保全価値の発見

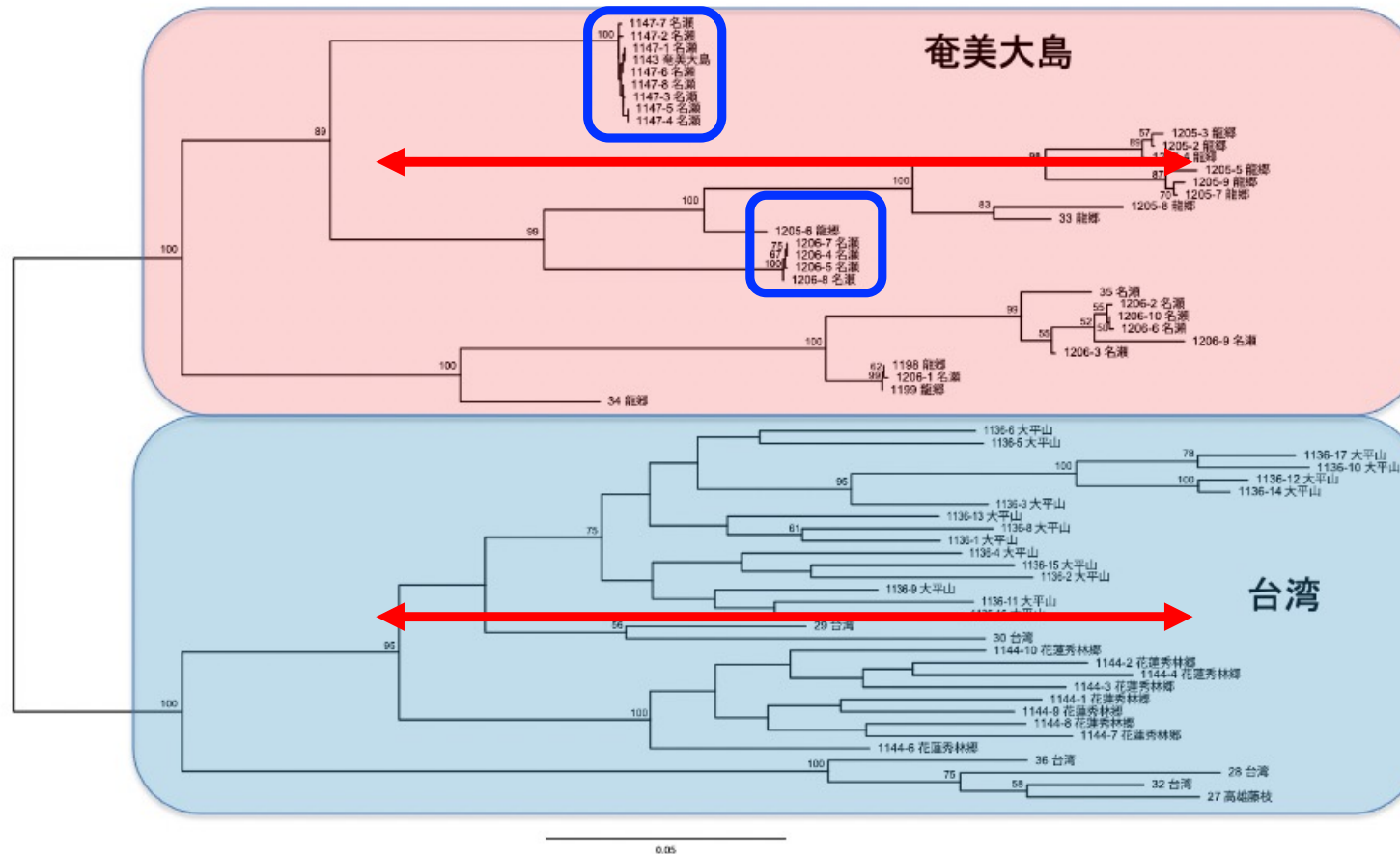


- 絶滅危惧IB
- 台湾、中国、ラオス、ベトナム
- 日本では奄美大島のみで生育
- 沖縄本島と宮古島では絶滅
- 奄美では道路沿いに生育し、由来は不明
- 保全価値が定まらない

ツルウリクサ 最尤系統樹

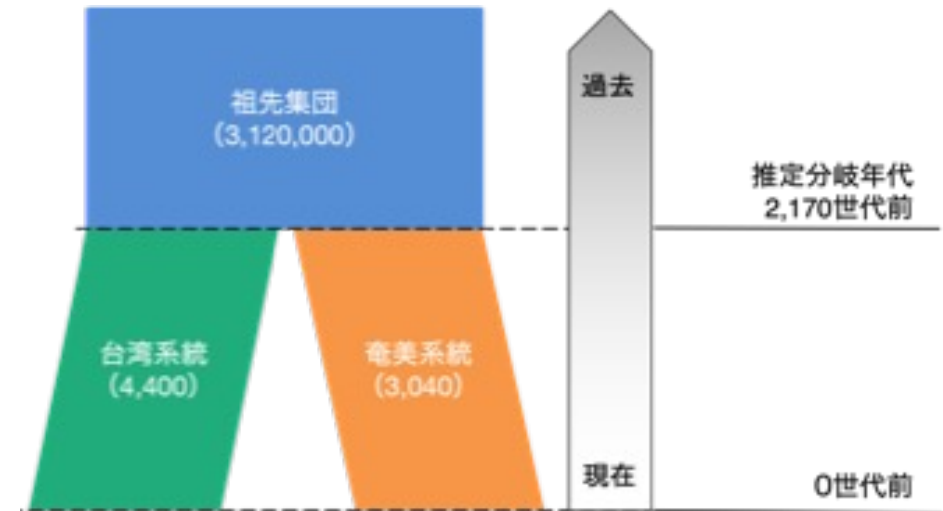
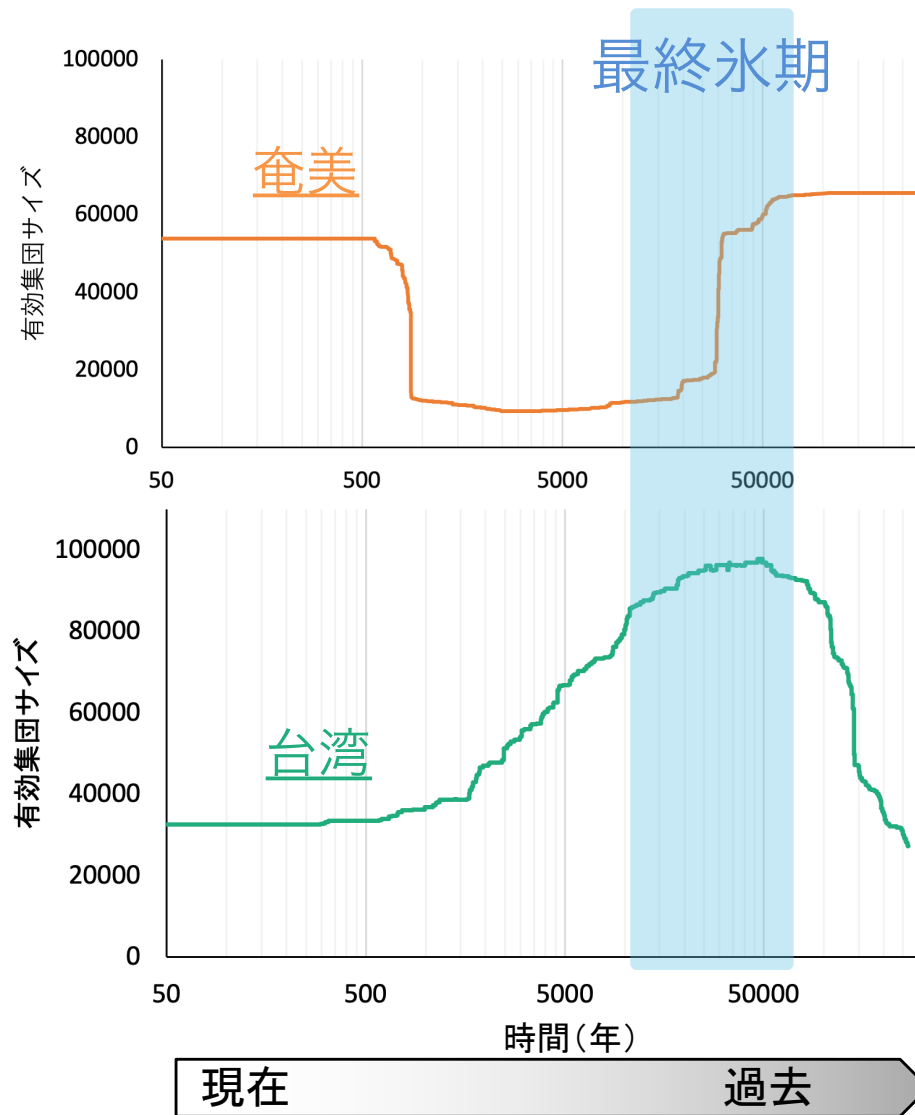


RAD-seq法に基づく最尤系統樹



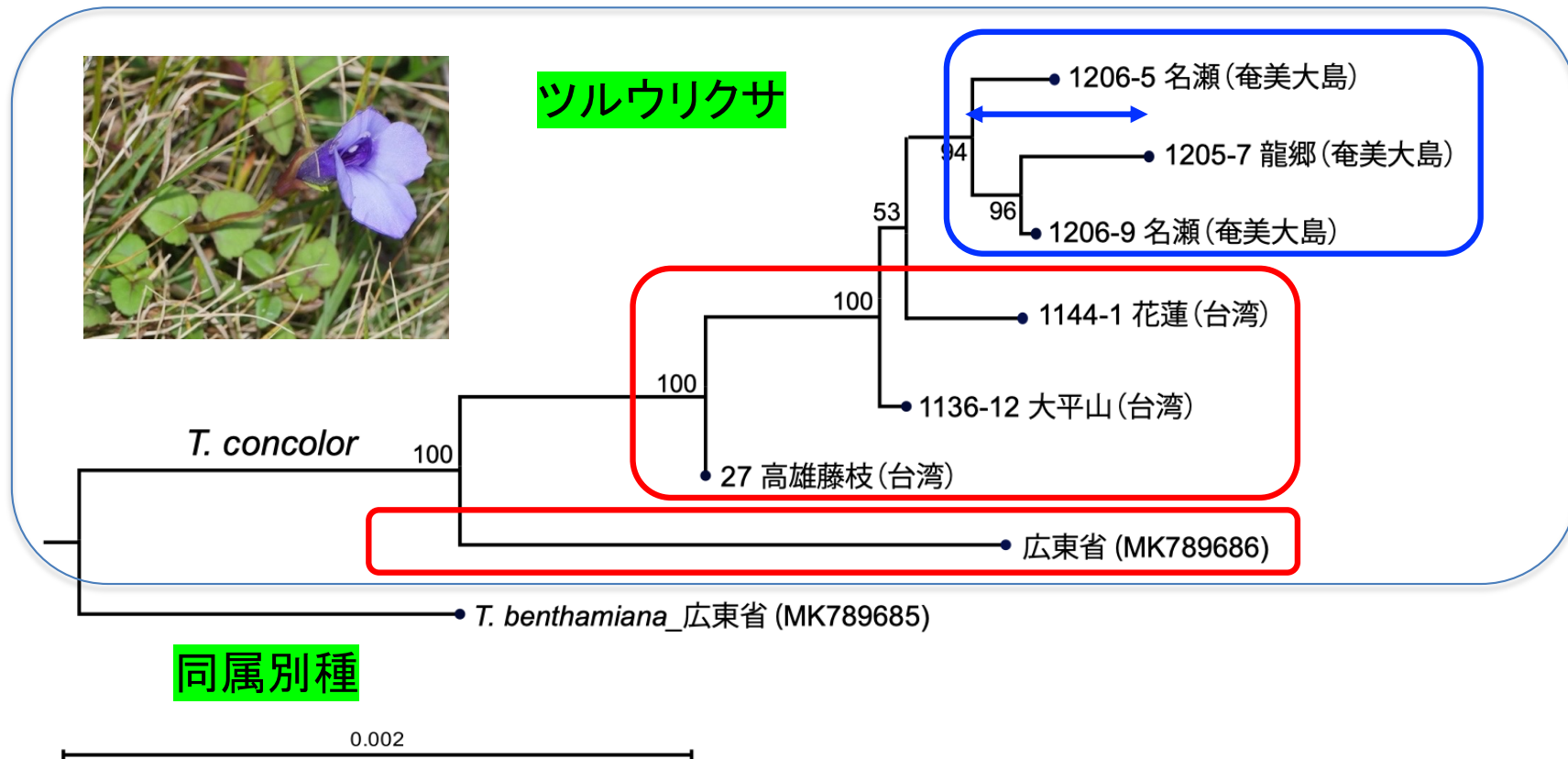
- 台湾と奄美大島の個体は明瞭に分化
- 奄美大島ではクローンが存在
- 奄美大島の枝長は台湾に匹敵する→大きな遺伝的変異

ツルウリクサ 個体群動態



■ 奄美と台湾集団は約2000世代前に分岐し、ほぼ同等の有効サイズを持っている

ツルウリクサ 奄美大島集団の由来



参照全葉緑体ゲノム(MK789686) 154,463 bpsと
ツルウリクサRAD-seq 52,615~74,763 bpsが相同配列

- 同属別種 *T. benthamiana* との比較解析で、本種は広東省 → 台湾 → 奄美と派生したことが判明
- 奄美の集団内にも葉緑体ゲノムの多様性がある
- ごく少数が残存する奄美大島の集団は、人為移入ではなく自然分布由来
- ごく少数が残存するにもかかわらず、遺伝的多様性も高い
- **高い保全価値がある**

台湾ホトトギス 新たな保全価値の発見



■ 台湾 普通種

- 西表島 (n<100)
- 高い環境選好性
- 滝の近くのみに生育

- 沖縄本島 1地域に多数
- 頑強に生育
- 園芸逸出品？

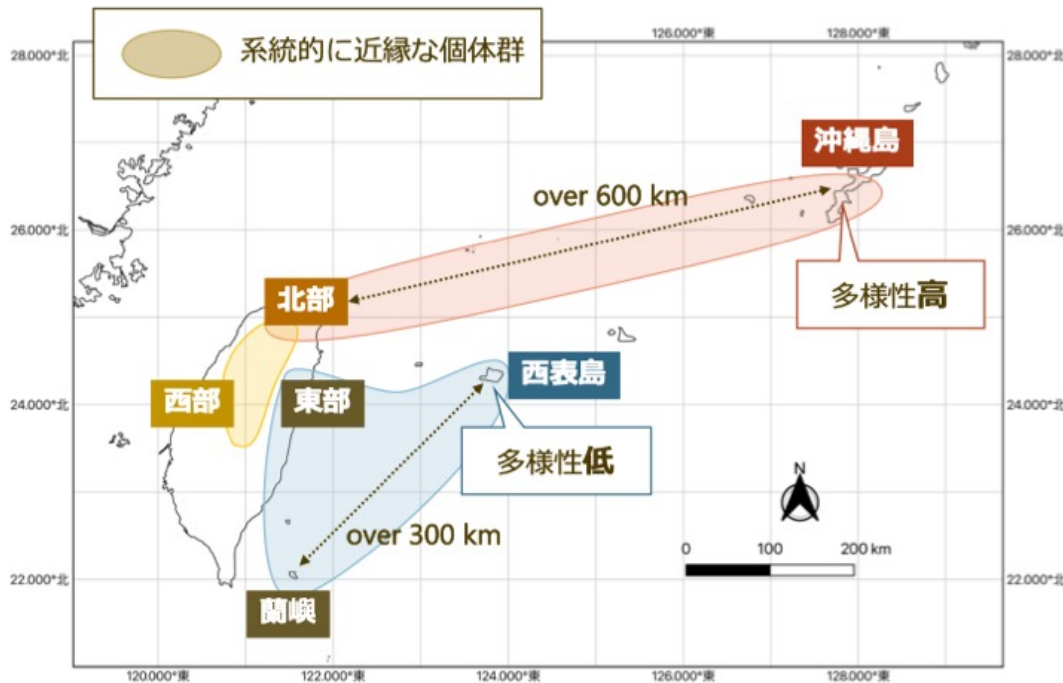
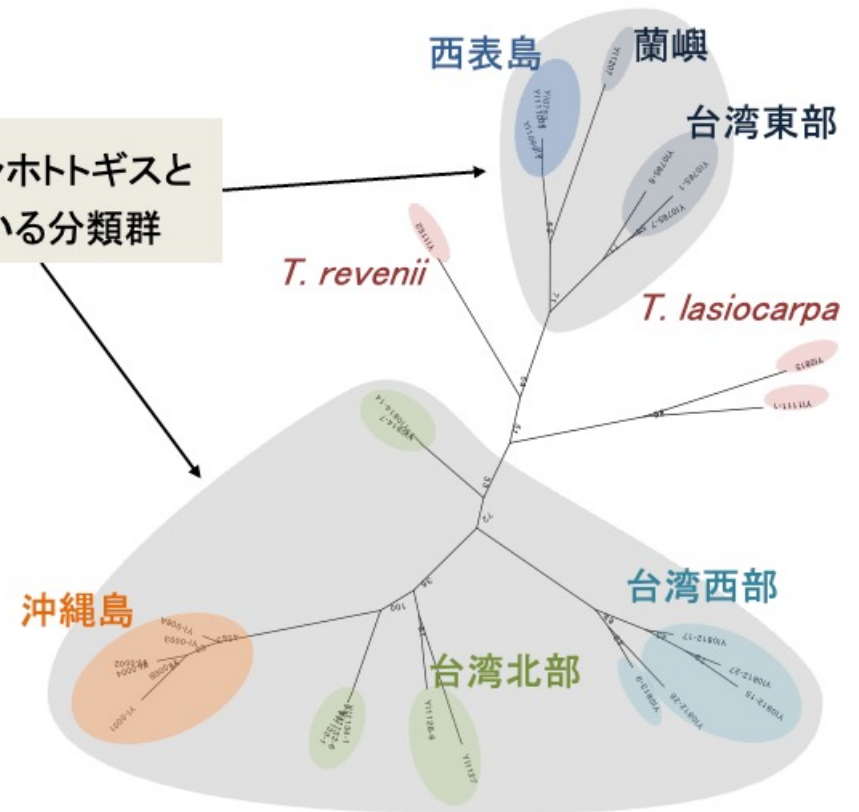


台湾ホトトギス 最尤系統樹

■ 同属別種の存在によって、台湾ホトトギスは少なくとも2分類群に分かれる。

■ 西表島と沖縄本島の集団は別系統。

台湾ホトトギスと
されている分類群



分布経路

× 台湾→西表→沖縄本島

○ 台湾(蘭嶼)→西表

○ 台湾→沖縄本島

■ 台湾ホトトギスの別系統が独立に2回日本に到来した。

■ 西表島、沖縄本島集団ともに**自然分布で独自性が高く、保全価値がある。**

希少種の個別保全状況



■奄美大島産 ツルウリクサ 絶滅危惧IB

- 人為移入の懸念があったが、中国→台湾→奄美への自然分布由来
- 小集団にもかかわらず高い遺伝的多様性
- 個体間の遺伝的変異が大きい
- ゲノムの状態は健全
- 保全価値があり、また、保全策の効果も期待できる



■西表島・沖縄本島産 タイワンホトトギス 絶滅危惧IA

- 台湾集団とは遺伝的に分化
- タイワンホトトギスは種の見直しが必要
- 日本には独立に2度移入し、長い歴史を持つ→保全価値
- 西表の集団には有害遺伝子の蓄積があり、生育環境が限定
- 他の西表産希少種に共通するユニークな生物地理パターン



■大東島産 ユズノハカズラ 絶滅危惧IA, 国内希少野生動植物種

- 集団の遺伝的多様性が極めて低い
- 北大東島に僅か3クローン程度が生育
- 台湾集団と別系統に分化しているが、差は小さい

希少種の個別保全状況

- 西表島産 ランダイミズ 絶滅危惧IB
- 西表島集団は1クローン
- 系統的独自性は小さい
- 個体内の遺伝的多様性は保たれている
- 渡来後、ほとんど世代交代していない：浅い歴史

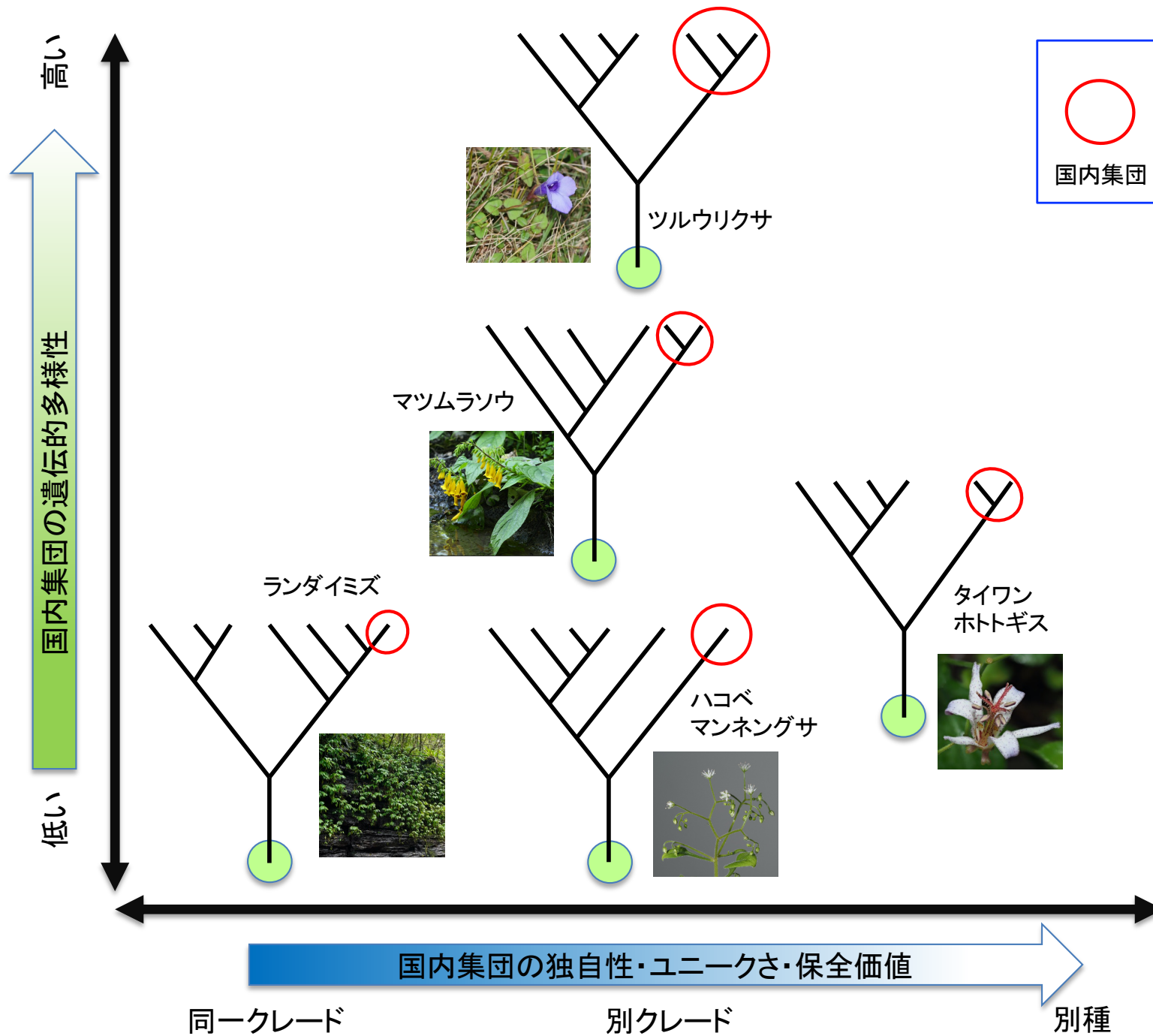


- 長崎産 ハコベマンネングサ
- 無融合生殖による無性生殖
- 系統的多様性は中国>長崎>台湾
- 個体の遺伝的多様性は長崎>>>台湾>中国
- 長崎集団ではゲノムの倍化



- 西表島産 マツムラソウ 絶滅危惧IA
- 西表集団と台湾集団は遺伝的に分化
- 微小な殖芽による活発な無性生殖
- 西表、台湾ともに集団ごとに異なったクローンが卓越
- クローン間の差異は大きい

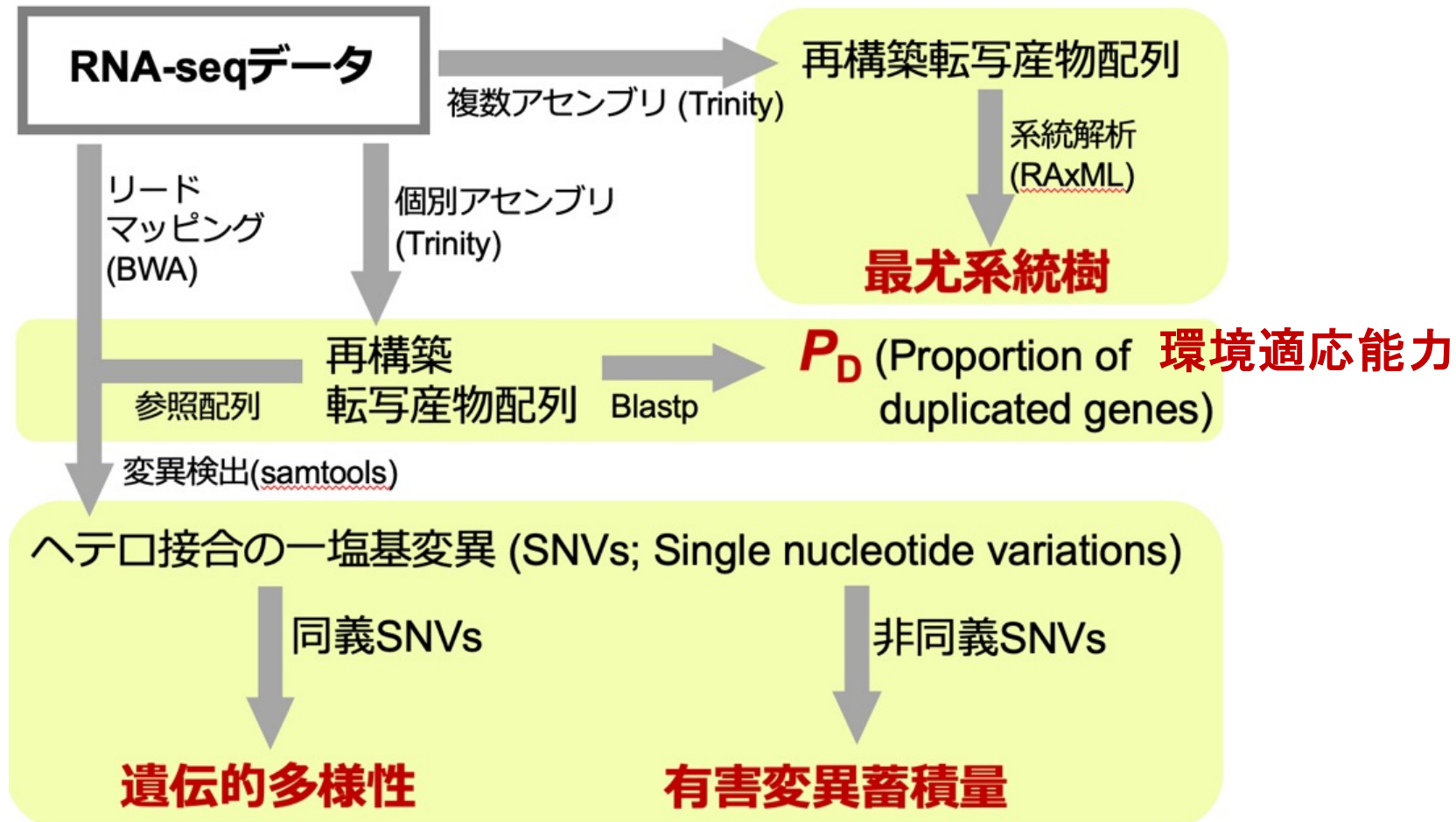
国内集団の独自性と遺伝的多様性による希少種状況評価



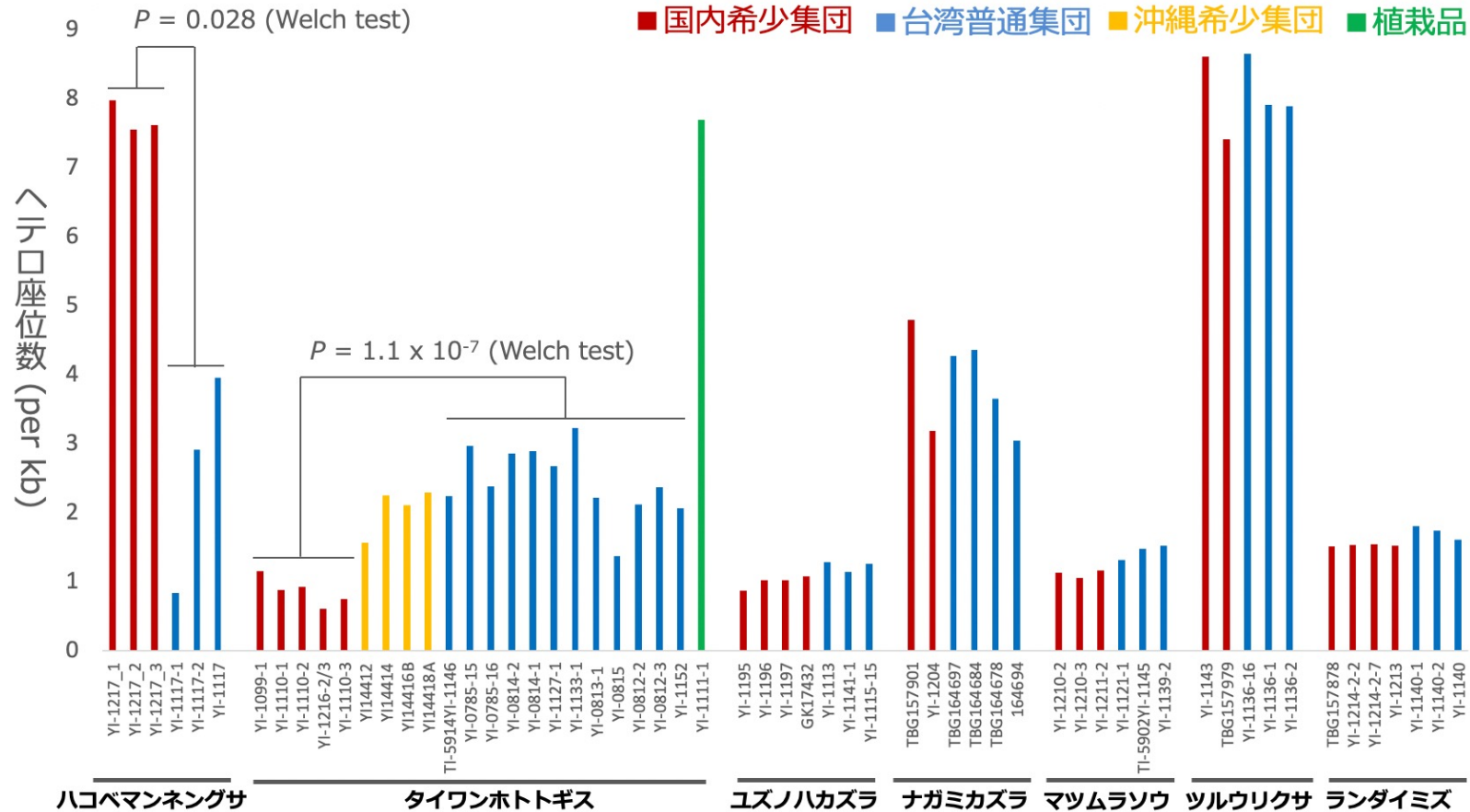
サブテーマ 2: 比較ゲノム解析

希少種3種
国内外の個体から
RNA抽出とRNA-seq

牧野(東北大学): バイオインフォマティクス

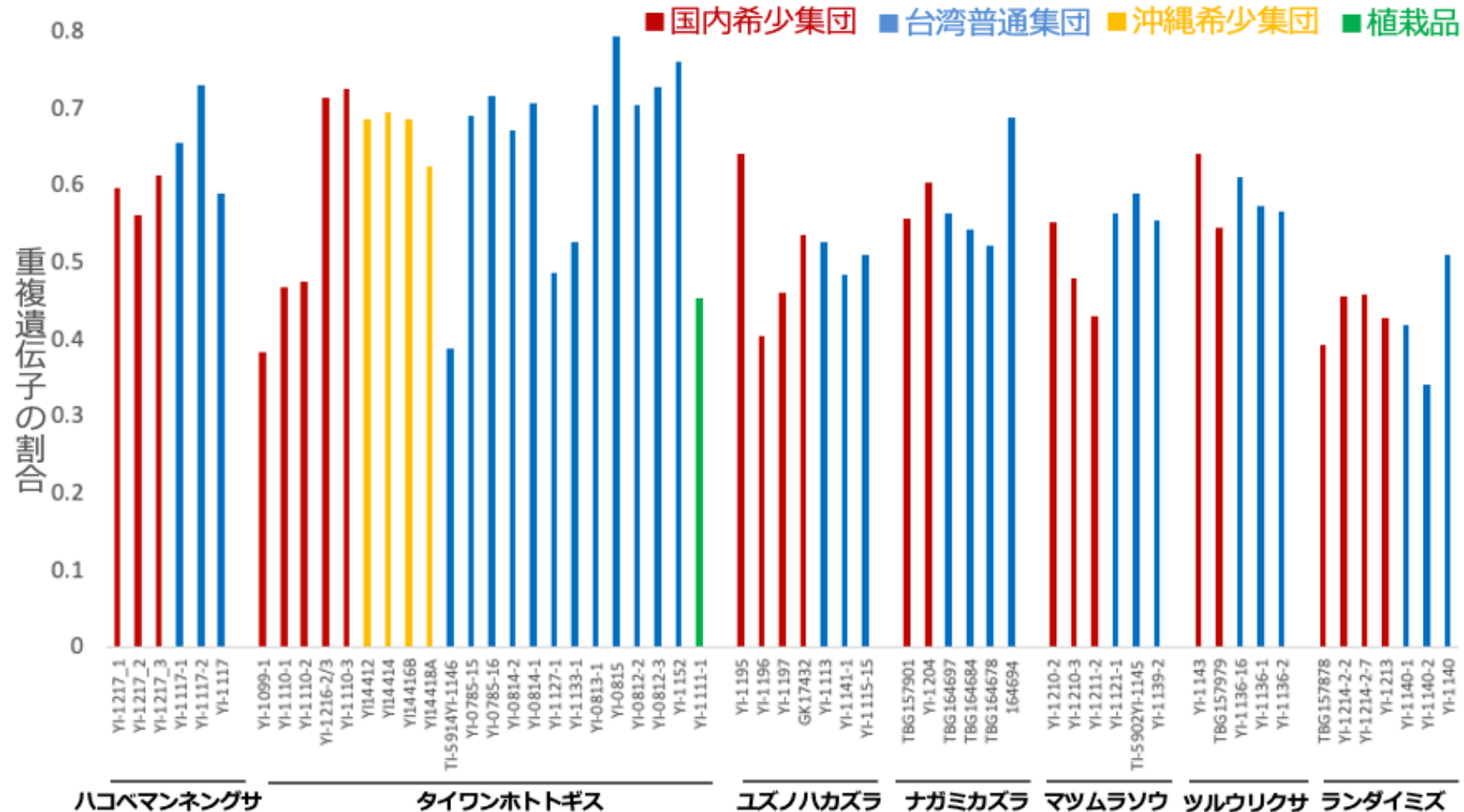


サブテーマ 2: 比較ゲノム解析



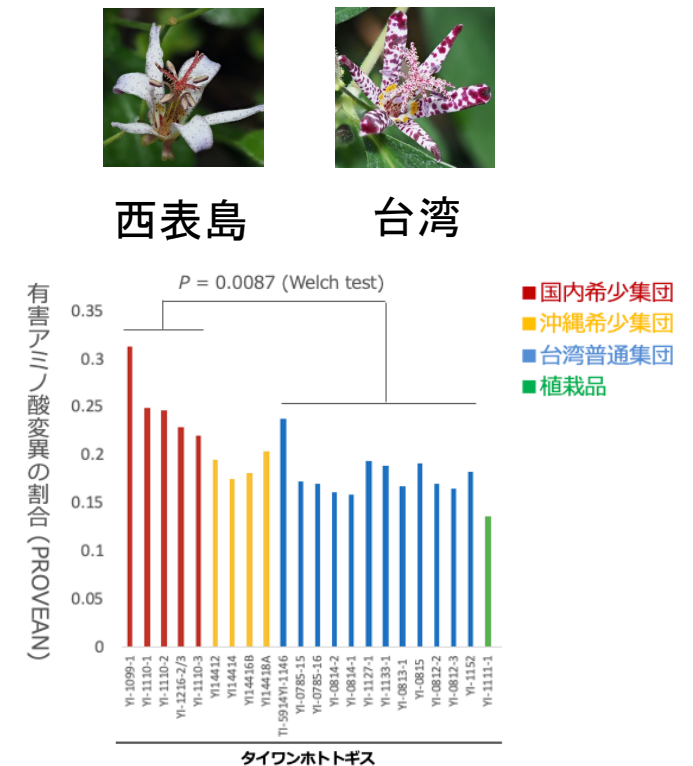
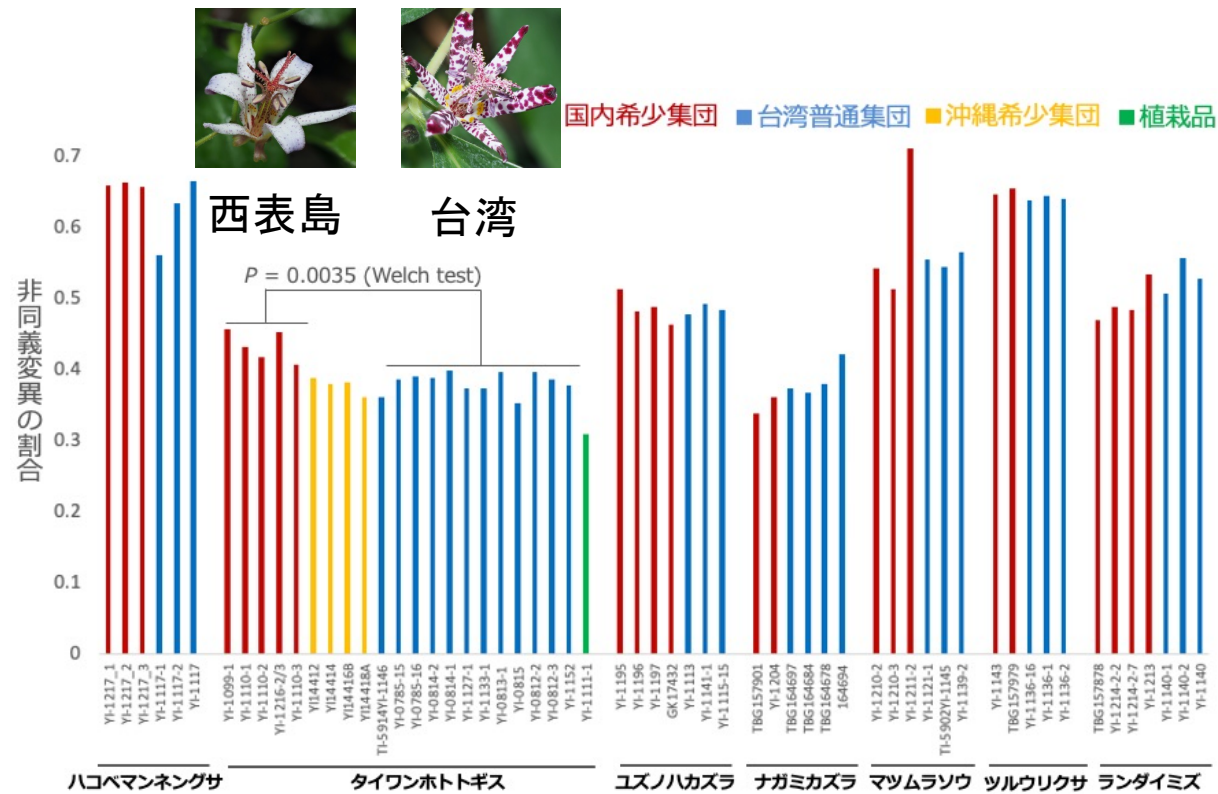
転写された塩基配列中のヘテロ座位数 / kb (複数アセンブリ)

サブテーマ 2: 比較ゲノム解析



重複遺伝子含有率 (全転写産物中の重複遺伝子の割合)

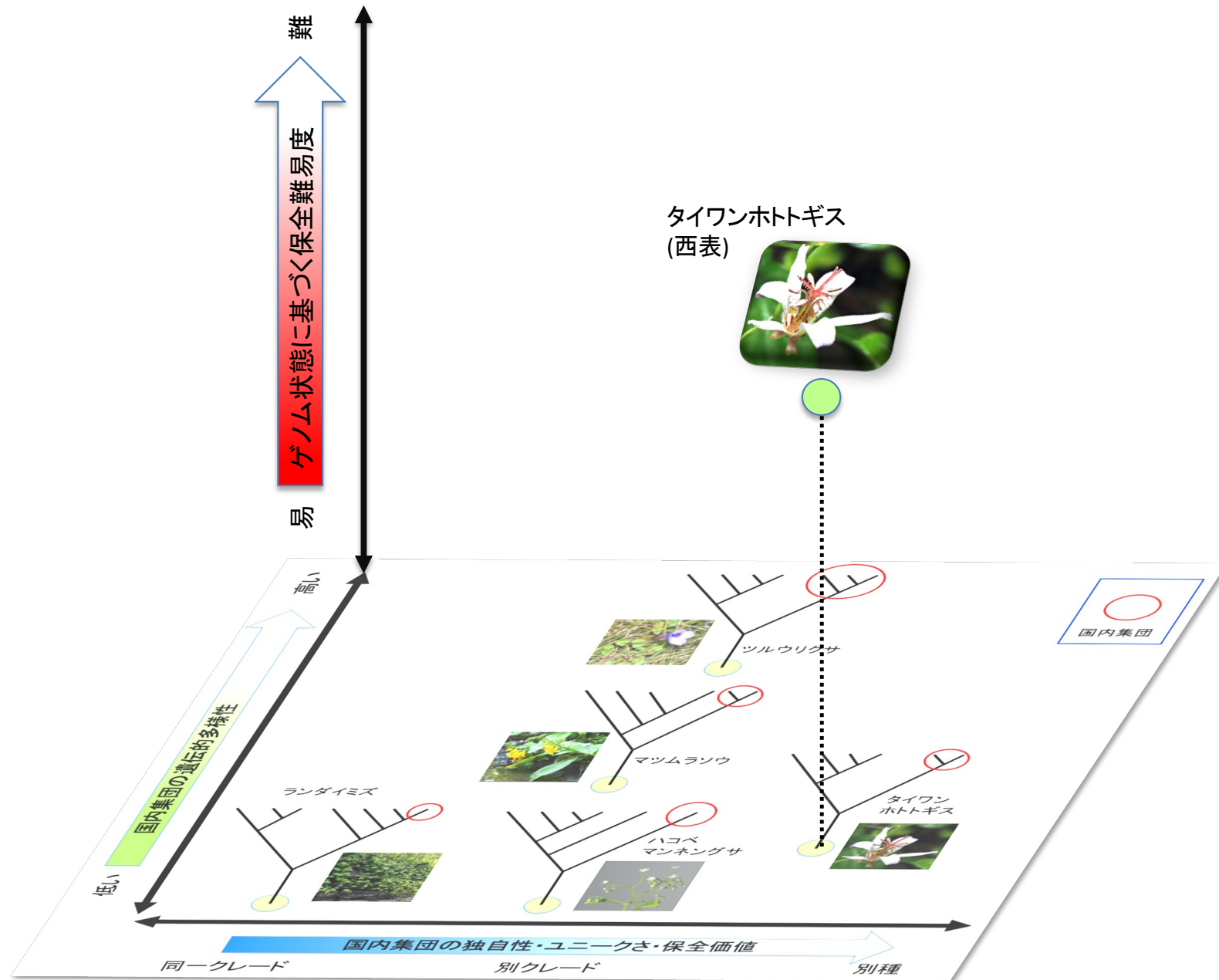
有害変異の蓄積



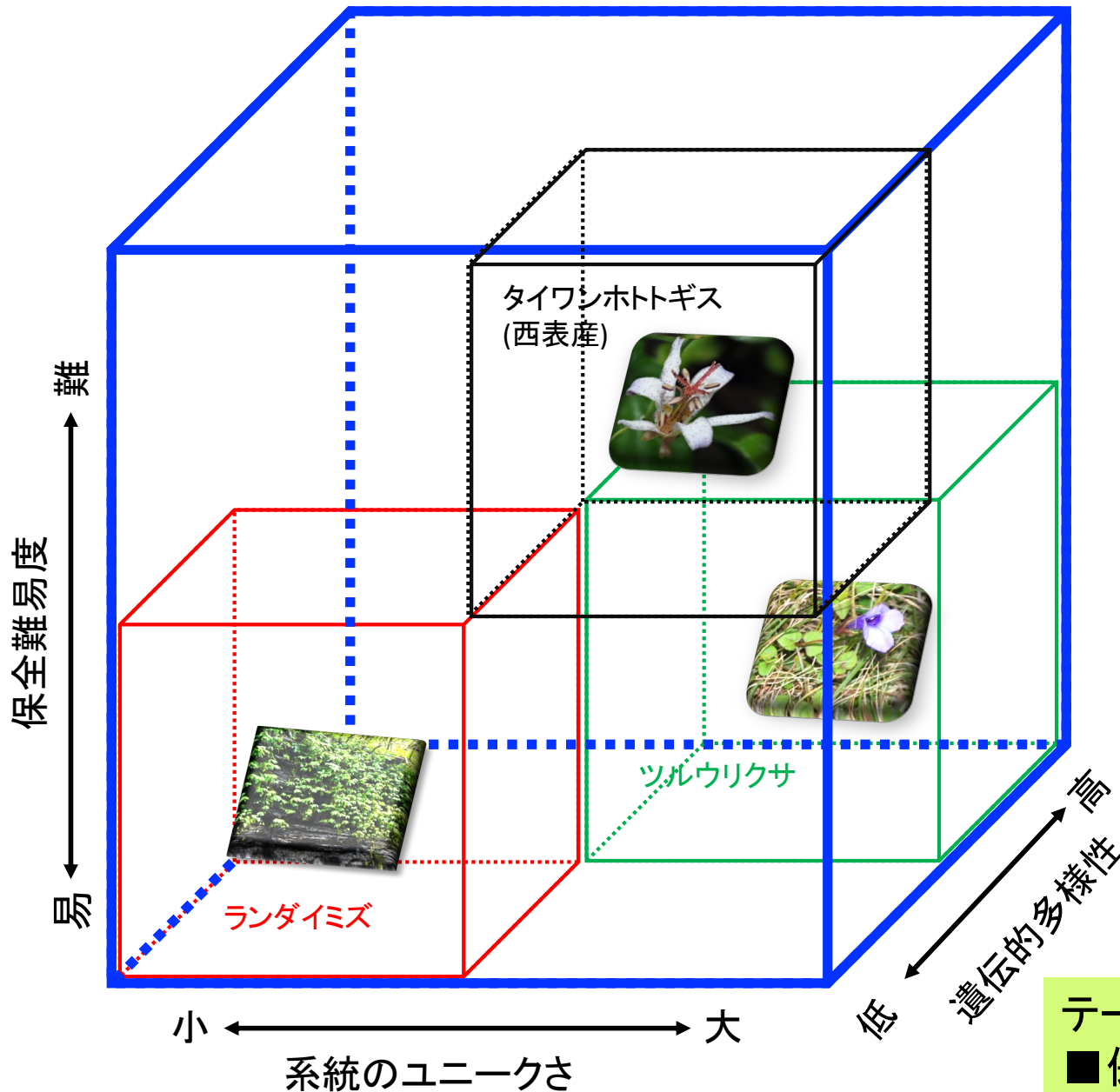
ゲノム内の有害変異の割合

- タイワンホトトギスの西表集団は有害変位が蓄積していて脆弱
- 他の種では国内外集団に有意差なし

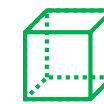
統合解析: 3軸の評価基準に基づく希少種のカテゴライズ



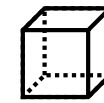
3軸の評価基準に基づく希少種のカテゴリライズ



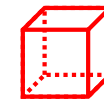
3個の基準で多数の希少種を
カテゴリライズ



高い系統的独自性
高い遺伝的多様性
保全は容易



高い系統的独自性
低い遺伝的多様性
保全は困難



低い系統的独自性
低い遺伝的多様性
保全は容易

等々...

テラメイド生物多様性保全策
■ 保全リソースの効率的利活用
■ 適切かつ効率的な保全策の提案

5-2. 環境政策等への貢献 より効果的・合理的な保全策の構築

1) 「種の保存法」に基づく国内希少野生動植物種の適切な選定の提案と希少野生植物保護増殖事業への貢献

- 複数の植物で見過ごされていた保全価値を発見
- ホシツルラン、ヒメタニワタリほか保護増殖事業対象種の適切な保全指針をゲノム情報から提供

2) 環境省が行っている希少種の生育域外保全・野生復帰実施計画への貢献

- サガリラン、キリシマイワヘゴなどで野生個体と栽培個体の遺伝的多様性や保全ユニットに関わるゲノム情報を提供

3) 希少種の生育地における地方行政への貢献

- 国内希少野生動植物種生育地の公的保全団体にゲノム情報を提供

4) 希少種を対象とした遺伝子解析手法の国際的な普及

- アジア太平洋生物多様性観測ネットワークワークショップ(事務局:環境省自然環境局)でゲノム解析手法の普及のための講演
- 縮約ゲノム解析による希少樹木保全の国際共同プロジェクトを開始

5) 生物保全に関わる地方自治体職員や環境省職員への研修

- 環境省野生生物研修や自然保護官等研修特設など



4)

3)

3)

3)

2)



6. 研究成果の発表状況 (1) 誌上発表

査読付き

- 1) T. Hamabata, G. Kinoshita, K. Kurita, P. Cao, M. Ito, J. Murata, Y. Komaki, Y. Isagi and T. Makino: *Commun. Biol.*, 2, 244 (2019) Endangered island endemic plants have vulnerable genomes (IF: 6.268)
- 2) Y. Isagi, T. Makino, T. Hamabata, P.-L. Cao, S. Narita, Y. Komaki, K. Kurita, A. Naiki, Y. Kameyama, T. Kondo and M. Shibabayashi: *Plant Species Biol.*, 35, 3, 166–174 (2020) Significant loss of genetic diversity and accumulation of deleterious genetic variation in a critically endangered azalea species, *Rhododendron boninense*, growing on the Bonin Islands (IF: 2.077)
- 3) M. Kato, N. Nakahama, S. Ueda and Y. Isagi: *Entomol. Sci.*, 23, 2, 204–207 (2020) Development of microsatellite markers for an extremely limited distributed rare diving beetle species, *Acilius kishii*, and a widely distributed species, *Acilius japonicus* (Coleoptera: Dytiscidae) (IF: 1.073)
- 4) T. Sakagami, S. Sakaguchi, Y. Isagi and H. Setoguchi: *J. For. Res.*, 25, 2, 120–123 (2020) Development and characterization of nuclear microsatellite markers in *Aphananthe aspera* (Thunb.) Planch. (Cannabaceae) (IF: 1.093)
- 5) A. Takano, S. Sakaguchi, P. Li, A. Matsuo, Y. Suyama, G.-H. Xia, X. Liu and Y. Isagi: *Plants*, 9, 9, 1159 (2020) A Narrow Endemic or a Species Showing Disjunct Distribution? Studies on *Meehania montis-koyae* Ohwi (Lamiaceae) (IF: 2.870)
- 6) S. Sakaguchi, Y.-X. Qiu, Y. Asaoka, D. Takahashi, Y. Isagi, P. Li, R. Lu and H. Setoguchi: *Heredity*, 126, 4, 615–629 (2021) Inferring historical survivals of climate relicts: the effects of climate changes, geography, and population-specific factors on herbaceous hydrangeas (IF: 3.801)
- 7) A. Narita, N. Nakahama, A. Izuno, K. Hayama, Y. Komaki, T. Tanaka, J. Murata and Y. Isagi: *Conserv. Genet.*, 22, 5, 717–727 (2021) Conservation genetics of critically endangered *Crepidiastrum grandicollum* (Asteraceae) and two closely related woody species of the Bonin Islands, Japan (IF: 2.538)
- 8) D. Takahashi, Y. Feng, S. Sakaguchi, Y. Isagi, Y.-X. Qiu, P. Li, R.-S. Lu, C.-T. Lu, S.-W. Chung, Y.-S. Lin, Y.-C. Chen, A.J. Nagano, L. Kawaguchi and H. Setoguchi: *J Biogeogr.*, 48, 8, 1917–1929 (2021) Geographic and subsequent biotic isolations led to a diversity anomaly of section *Heterotropa* (genus *Asarum*: Aristolochiaceae) in insular versus continental regions of the Sino-Japanese Floristic Region (IF: 3.723)
- 9) Y. Suyama, S. Hirota, A. Matsuo, Y. Matsuo, Y. Tsunamoto, C. Mitsuyuki, A. Shimura, K. Okano: *Ecological Research*, 37: 171-181 (2022) Complementary combination of multiplex high-throughput DNA sequencing for molecular phylogeny (IF: 1.917)
- 10) 中濱直之・安藤温子・吉川夏彦・井鷲裕司: 保全生態学研究, <https://doi.org/10.18960/hozen.2128> (2022) 印刷中 国内希少野生動植物種における保全遺伝学研究的基盤としての遺伝情報

査読なし

- 1) 井鷲裕司: あいち海上の森フォーラム実行委員会第4回あいち海上の森フォーラム報告書、43-56(2021) 遺伝解析でまもる生物多様性

6. 研究成果の発表状況 (2) 口頭発表

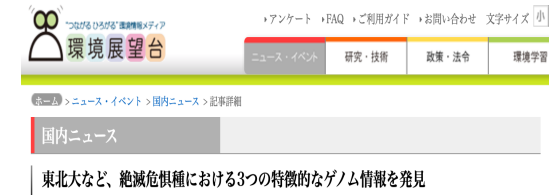
- 1) Y. SUYAMA: The 11th APBON Workshop -Asia-Pacific Biodiversity Observation Network, 2019 “Introduction of next-generation biodiversity assessment using MIG-seq (招待講演)”
- 2) 井鷲裕司: 第28回DNA多型学会大会 (2019)「ゲノム情報を活用した生物多様性保全 (招待講演)」
- 3) 芝林真友、國府方吾郎、阿部篤志、横田昌嗣、遊川知久、陶山佳久、内貴章世、栗田和紀、永野惇、本庄三恵、井鷲裕司: 日本生態学会第67回全国大会 (2020)「絶滅危惧種の分布フロント個体群を対象としたゲノムワイド解析」
- 4) 陶山佳久、松尾歩、佐藤光彦、廣田峻: 日本生態学会第67回全国大会 (2020)「改良されたMIG-seq法の概要」
- 5) 松尾歩、佐藤光彦、廣田峻、陶山佳久: 日本生態学会第67回全国大会 (2020)「MIG-seq法を用いた個体・品種・集団・種の遺伝的識別」
- 6) 徳弘千夏、井鷲裕司、伊東拓朗、國府方吾郎、阿部篤志、内貴章世、松尾歩、陶山佳久: 日本生態学会第67回全国大会 (2020)「琉球諸島における非固有性の国内希少植物を対象とした保全遺伝学的解析」
- 7) 牧野能士: 第67回日本生態学会 シンポジウム「先端オミクスで生態に迫る」(2020)「生態系が駆動するゲノム進化」
- 8) 恒成花織、伊東拓朗、阿部篤志、横田昌嗣、内貴章世、芝林真友、陶山佳久、松尾歩、瀬戸口浩彰、牧野能士、井鷲裕司: 日本植物学会第85回大会(2021) 「日本に2度やってきた国内絶滅危惧種台湾ホトギス個体群」
- 9) 陶山佳久: 第53回種生物学会 和文誌編集委員会企画シンポジウム(2021)「希少種保全に応用できるゲノム解析技術とその適用プロジェクトの概要」
- 10) 牧野能士: 第53回種生物学会 和文誌編集委員会企画シンポジウム(2021)「RNA-seq解析による希少植物のゲノム診断」
- 11) 井鷲裕司: 第53回種生物学会 和文誌編集委員会企画シンポジウム(2021)「ゲノム情報に基づくテラメイド生物多様性保全」
- 12) Y Isagi: Kyoto-Zurich Workshop in Plant Science 2021: Recent developments in fundamental and applied plant molecular biology (2021)“Tailor-made biological conservation of endangered plant species with genomic information (招待講演)”
- 13) 陶山佳久: 第69回日本生態学会 自由集会「ゲノミクスで希少種を発見・保全・評価する」(2022)「MIG-seq法を用いたゲノムワイドSNPデータによる保全ゲノミクス研究」
- 14) 牧野能士: 第69回日本生態学会 自由集会「ゲノミクスで希少種を発見・保全・評価する」(2022)「希少植物の絶滅危険度はゲノムの情報から読み取ることができる」
- 15) 井鷲裕司: 第69回日本生態学会 自由集会「ゲノミクスで希少種を発見・保全・評価する」(2022)「国内外に生育する国内希少種の保全価値評価」

6. 研究成果の発表状況 (3) 「国民との科学・技術対話」の実施

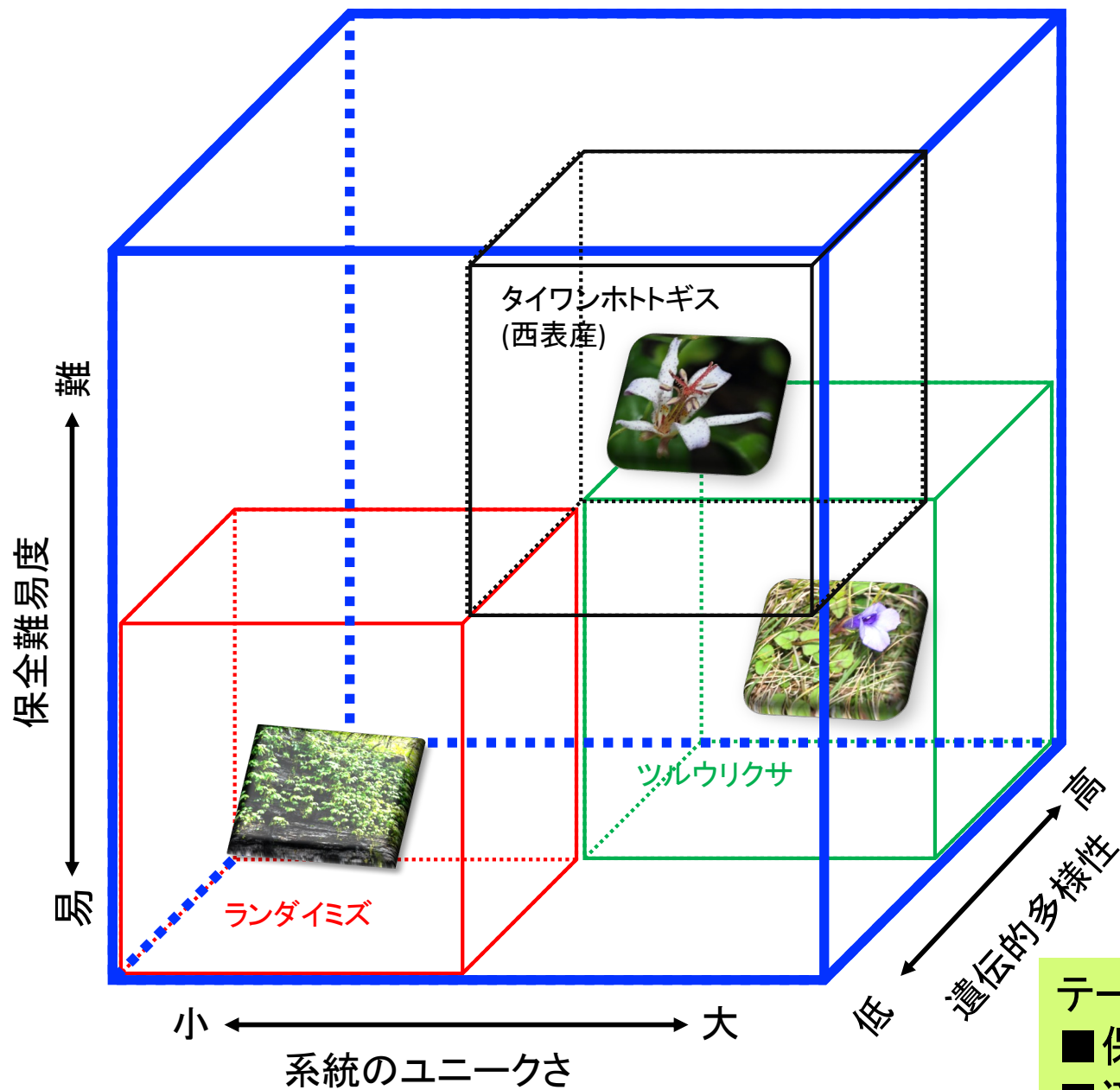
- 1) カッコソウ協議会総会(主催:カッコソウ協議会、2019年6月2日、桐生自然観察の森、参加者約25名)にて、カッコソウなど国内希少野生動植物種をゲノム情報で保全する取り組みを紹介
- 2) FM仙台「Morning Brush」(2019年11月29日)、「数十万年の時を経てひっそりと生き続ける希少な生物を守る—西表島での調査から」と題して環境研究総合推進費の取り組みを紹介
- 3) プロフェッサービジット(主催:朝日新聞、2019年11月30日、東京都豊島学園高校、聴講者約70名)にて、プロジェクトの取り組みと成果を紹介
- 4) 環境省野生生物研修、井鷲裕司「ゲノム情報を活用した生物多様性保全」(2019年11月29日、環境省環境調査研修所、44名)
- 5) 環境省自然保護官等研修特設(野生生物)、井鷲裕司「ゲノム情報を活用した生物多様性保全」(2020年1月8日、環境省環境調査研修所、40名)
- 6) トークイベント「写真家・石川直樹 まだ見ぬ世界を探し求めて、トークセッションwith陶山佳久」(主催:FOLK GLOCALWORKS、2020年2月9日、THE6(仙台市)、観客約30名)にて、石川氏とのトークセッションにより本研究の取り組みを紹介
- 7) 第4回あいち海上の森フォーラム(主催:あいち海上の森フォーラム実行委員会、2020年11月1日、ウインクあいち、聴講者約100名)SDGsシンポジウムIIIにて、プロジェクトの取り組みと成果を紹介
- 8) プロフェッサービジット(主催:朝日新聞、2020年11月20日、広島市立基町高等学校、聴講者66名)にて、プロジェクトの取り組みと成果を紹介
- 9) 社団法人近畿化学会第38回社員総会特別講演会(主催:近畿化学会、2021年5月28日、Web開催、聴講者約70名)にて、プロジェクトの取り組みと成果を紹介

6. 研究成果の発表状況 (4)マスコミ等への公表・報道等

- 1) 東京大学プレスリリース(2019年6月27日、「絶滅危惧植物の弱さをゲノム情報で評価～生態系保全への応用に期待～」として研究成果を公表)
- 2) 東北大学プレスリリース(2019年6月28日、「絶滅危惧植物の弱さをゲノム情報で評価～生態系保全への応用に期待～」として研究成果を公表)
- 3) 京都大学プレスリリース(2019年7月5日、「絶滅危惧植物のみに見られるゲノムの脆弱性を発見」として研究成果を公表)
- 4) 国立環境研究所 環境情報メディア「環境展望台」(2019年6月26日、「東北大など、絶滅危惧種における3つの特徴的なゲノム情報を発見」)
- 5) FM仙台「Morning Brush」(2019年11月29日、「数十万年の時を経てひっそりと生き続ける希少な生物を守る—西表島での調査から」と題して10分ほど環境研究総合推進費の取り組みを紹介)
- 6) 朝日新聞(2019年12月14日、東京版、朝刊27頁、「生物保全に活用 ゲノム解析講義」)
- 7) 朝日新聞(2020年1月27日、全国版、朝刊15頁、「ゲノム情報で希少植物を守る」)
- 8) 信濃毎日新聞(2020年11月12日、「釜無ホテイアツモリソウ」富士見で自生希少性を証明-東北大准教授ら 地域固有 遺伝子分析で)
- 9) 長野日報(2020年11月12日、遺伝子解析で固有種立証 東北大の陶山准教授と4年生本宮さん 「釜無ホテイアツモリソウ」富士見町の再生会議で報告)
- 10) 朝日新聞(2020年11月26日、広島版、朝刊23頁、「基町高生、大学の学び体験 京大院教授、ゲノム技術講義」)



多数の保全対象種を適切にカテゴライズ より適切かつ効果的な生物保全の達成



3個の基準で多数の希少種を
カテゴライズ



高い系統的独自性
高い遺伝的多様性
保全は容易



高い系統的独自性
低い遺伝的多様性
保全は困難



低い系統的独自性
低い遺伝的多様性
保全は容易

等々....

テラメйд生物多様性保全策
■ 保全リソースの効率的利活用
■ 適切かつ効果的な保全策の提案