

## 【目的】

ギンリョウソウはツツジ科の菌従属栄養植物であり、ベニタケ科菌類とモノトロポイド菌根を形成し、菌糸を介して樹木から資源を獲得する。本種は、他生物との関係を中心に報告されてきたが、個体群構造や個体群動態を直接的かつ経年的にモニタリングした報告はない。しかし、ギンリョウソウと共生関係にある樹木や菌根菌の資源状況は、環境条件に依存して変動することが知られており、本種の発生数や個体サイズ、空間分布に影響することが予想される。本研究では、ギンリョウソウ個体群を 2020 年から 2022 年の 3 年間モニタリングした記録から、サイズ構造(個体数、地上茎数、植物高)および空間分布の変動性を明らかにするとともに、本種の個体サイズと繁殖成功の関係、個体分布と環境要因の関係から個体群維持機構を考察した。

## 【方法】

調査は北海道札幌市にある平岡公園と西岡公園で行った。2020 年に各調査地 3 カ所に調査区を設置し、すべてのギンリョウソウ地上茎の植物高、個体の水平位置を記録した。2022 年には花粉粒の付着(受粉成功)と花柱部の膨張(結実成功)の有無も記録した。また、2020 年に調査区内の樹木の種同定、胸高直径の計測、水平位置の測量を行った。2022 年に調査区内に放射状調査区を設置し、計 156 地点から相対光量子束密度(rPPFD)、土壌含水率、土壌 pH(H<sub>2</sub>O)を得た。

サイズ構造の変動性を明らかにするため、線形混合モデル(LMM)を用いて平均植物高を調査年間で比較し、一般化線形混合モデル(GLMM)を用いて植物高と受粉率、結実率の関係を調べた。各調査区における個体分布の分布様式および変動性を明らかにするため、K 関数と D 関数を用いて、分布様式の推定と調査年間における個体分布の空間的相互作用の有無を調べた。本種の分布と環境要因の関係を明らかにするため、調査区内とギンリョウソウ周辺の樹木構成比(立木数、胸高断面面積合計)をカイ二乗検定で比較した。また、光・土壌環境の 3 変数について主成分分析(PCA)を行い、本種の生育有無との関係について GLMM を用いて調べた。

## 【結果】

サイズ構造：平岡公園と西岡公園で確認されたギンリョウソウの個体数と地上茎数は、調査年間で変動していた。LMM 解析から本種の植物高は、調査地間および調査年間で有意差が見られた。GLMM 解析から本種の植物高と受粉率に有意な相関は見られなかったが、結実率には有意な正の相関が認められ、個体サイズが大きい個体は小さい個体より結実率が高かった。

空間分布：ギンリョウソウはすべての調査区内で集中分布する傾向が示され、西岡公園の調査区 D、E では調査年間において個体分布に  $0 < r < 5$  の小さい空間スケールで有意な空間的相互作用が見られた。調査区内とギンリョウソウ周辺の樹木構成(立木数、胸高断面面積合計)に有意差は見られなかった。GLMM 解析から本種の生育有無において、3 変数のうち土壌 pH の主効果でわずかに有意な正の効果が認められ、土壌含水率と土壌 pH の交互作用は有意であった。

本研究によりギンリョウソウの発生数(個体数、地上茎数)や植物高、空間分布の変動性が示され、北海道の二次林に生育する本種の開花状況は、年変動することが明らかとなった。

【図表】\*図表番号は、本論の順序に依拠する。

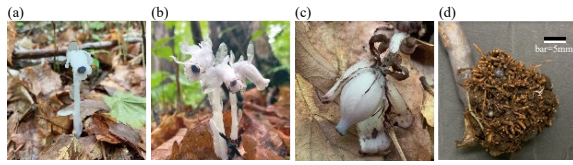


Fig.1 調査対象種であるギンリョウソウ *Monotropastrum humile* の地上部およびモノトロポイド菌根(ペニタケ科菌類との共生器官)の外部形態。(a)単生個体, 2021/5/28 平岡公園, (b)叢生個体, 2021/5/28 西岡公園, (c)結実期の果実部周辺, 2022/6/22 平岡公園, (d)モノトロポイド菌根

Table1 平岡公園と西岡公園における 2020 年~2022 年の 3 年間のギンリョウソウ発生状況

| 調査地  | 調査区 | 2020 年 |      | 2021 年  |      | 2022 年 |      |
|------|-----|--------|------|---------|------|--------|------|
|      |     | 個体数*   | 地上茎数 | 個体数*    | 地上茎数 | 個体数*   | 地上茎数 |
| 平岡公園 | A   | 35(22) | 105  | 34(12)  | 55   | 48(20) | 95   |
|      | B   | 16(8)  | 34   | 20(6)   | 29   | 15(5)  | 21   |
|      | C   | 5(2)   | 11   | —       | —    | —      | —    |
|      | 全体  | 56(32) | 150  | 54(18)  | 84   | 63(25) | 116  |
| 西岡公園 | D   | 38(18) | 117  | 83(39)  | 180  | 9(7)   | 29   |
|      | E   | 11(3)  | 26   | 39(17)  | 89   | 14(10) | 22   |
|      | F   | 8(7)   | 79   | 19(8)   | 55   | 7(5)   | 21   |
|      | 全体  | 57(28) | 222  | 141(64) | 324  | 30(22) | 72   |

\*( ) 内の数字は、叢生個体数を示す。

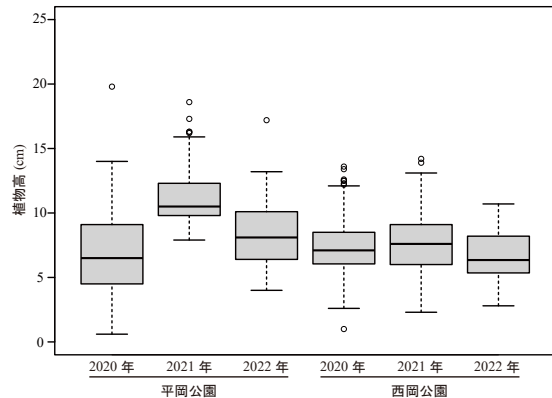


Fig.7 調査地間および調査年間におけるギンリョウソウの植物高の比較。図中のバーは最小値、最大値を示し、箱の上端と下端、中央線はそれぞれ四分位値、中央値を示す。バー上部のプロットは外れ値である。

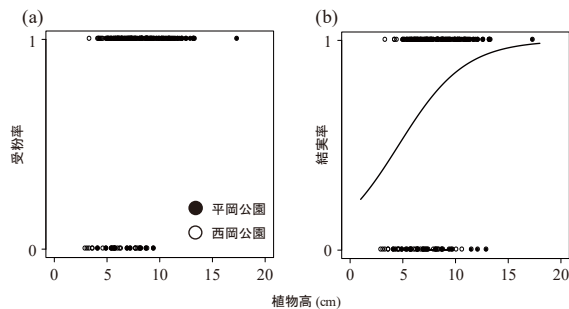


Fig.8 2022 年におけるギンリョウソウの植物高と受粉率(a), 結実率(b)の関係。図中の黒塗りの点は平岡公園, 白抜きの点は西岡公園のサンプルを示す。

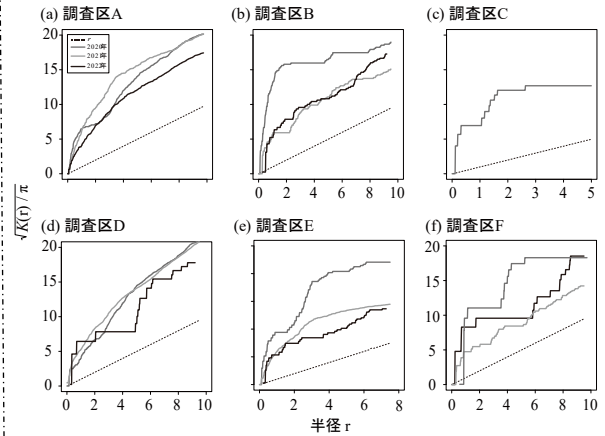


Fig.9 平岡公園(a, b, c)と西岡公園(d, e, f)の各調査区における各年の $\sqrt{K(r)/\pi}$ の関係。 $K(r)$ 値は、ギンリョウソウの各個体を中心とした半径 mm の円内に生育する同種他個体数である。図中の実線は推定値, 破線はランダム分布する場合の期待値を示す。

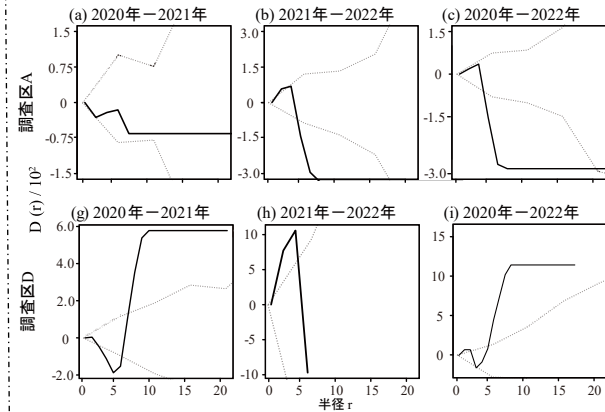


Fig.11 (抜粋) 平岡公園(a~f)と西岡公園(g~i)の各調査区における調査年間の  $D(r)/10^2$  の関係。 $D(r)$ 値は、各年の  $K(r)$ 値の差分であり、信頼区間から推定値が逸脱する場合、対象間に空間的相互作用があることを示す。図中の実線は推定値, 破線はモンテカルロ・シミュレーションを 999 回(nsim=999)行なった 95%信頼区間の上限値と下限値を示す。

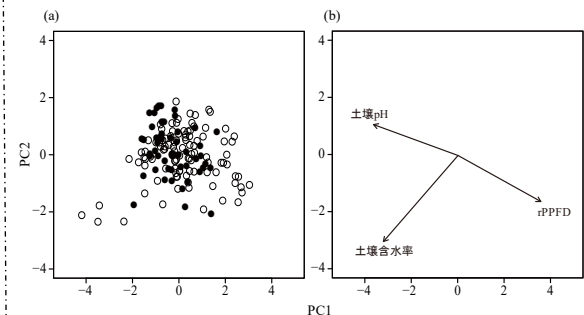


Fig.16 ギンリョウソウの生育有無における光・土壌環境の 3 変数に関する第 1 主成分と第 2 主成分の PCA スコア(a)と各変数の因子負荷量(b)。PCA は rPPFD, 土壌含水率, 土壌 pH の 3 変数について行った。図中の黒塗りの点はギンリョウソウが生育した地点, 白抜きの点は生育しなかった地点を示す。