

別寒辺牛湿原の高層湿原における有剣ハチ群集の構造解析

上森教慈（九州大学大学院）

はじめに

有剣ハチには、花粉を食べるハナバチ、他の昆虫を食べる狩バチ、他の昆虫に寄生する寄生バチと異なる食性群が含まれている。これらは、花粉媒介や、捕食・寄生による食物網の制御や天敵防除など、生態系や人間活動にとって重要な役割を果たしている。

厚岸町周辺は海霧の影響で夏でも涼しい気候が保たれており、低地にもかかわらずダケカンバ、トドマツ、ガンコウラン、イソツツジといった高山に生息する植物が生育している。昆虫類では、高山植物を食べる高山蛾などの生息が知られている。しかし、食草の有無によって生息が決まる高山蛾と違い、有剣ハチは様々な種類の花粉や昆虫を餌にしている。そのため、生息する有剣ハチの種構成として、(1) 高山に固有、(2) ほかの低地と類似、(3) どちらでもない、という3つの可能性が考えられる。また、湿原と森林では異なる種が生息しており、その種多様性が異なる可能性もある。

本研究では、厚岸町の湿原および森林において有剣ハチを採集し、湿原と森林の種多様性の比較を行った。また、内陸の山地森林環境の種構成と比較し、厚岸町の有剣ハチ群集がどのような特性を持っているのかを明らかにすることを目的とした。

材料と方法

調査は北海道厚岸町の国有林および道有林全域で行った（図1、表1）。調査環境はヨシ、スゲ、ヤナギなどで構成される湿原、ミズナラ、ダケカンバ、ヤチダモ、トドマツなどで構成される天然広葉樹林および針広混交林、トドマツ、カラマツなどで構成される針葉樹人工林であった。調査時期は2021年7月19日～30日である。

調査は捕虫網を用いた見つけ採り（訪花中などを目視で見つけ網で採集）やスウィーピング（ササや樹冠部などで無作為に網を振って採集）、およびイエローパントラップを用いた採集を行った。イエローパントラップは設置後48時間で内容物を回収した。サンプルはすべて80%エタノールに入れて持ち帰り、同定を行った。同定は多田内・村尾（2014）、寺山・須田（2016）を用いて行った。得られたサンプルは現在上森が保管しているが、一部は九州大学農学部昆虫学研究室で保管されている。

解析はR（ver. 3.5.0, Windows版；R Core Team 2018）を用いて行った。個体数、種数、種多様性（Simpsonの多様度指数）の解析はveganパッケージ（Oksanen *et al.*, 2018）を用いた。種構成の類似度の解析はpvclust（Suzuki *et al.* 2019）およびscaleboot（Shimodaira 2019）パッケージを用い、個体数を加味するward法を用いて行った（ブートストラップ反復回数：10000回）。植生（広葉樹、針葉樹、湿原）や土地利用（天然林、人工林、湿原）間の個体数、種数、種多様性の違いを調べるために、分散分析（ANOVA）を行った。



ミズナラ林



ヨシ・スゲ湿原



針広混交林



ヤナギ湿原



カラマツ人工林



トドマツ人工林

図1. イエローパントラップを用いた調査地位置図および環境例。地理院地図をもとに作成。

表1. イエローパントラップ調査地の概要および植生や土地利用に関する分類。設置期間はすべて7月。

調査地名	Site Name	標高	北緯	東経	優占樹種	針・広・湿	常緑・落葉・湿原	天然・人工	天然・人工・湿原	設置期間
愛冠	Aik	79	43.019530	144.841569	トドマツ	針葉樹	常緑樹	天然	天然	20-22
糸魚沢1-1	Ito1.1	8	43.097418	144.929477	ヤナギ類	湿原	湿原	天然	湿原	22-24
糸魚沢1-2	Ito1.2	8	43.097418	144.929477	ヤナギ類	湿原	湿原	天然	湿原	24-26
糸魚沢2	Ito2	8	43.097418	144.929477	ヨシ・スゲ	湿原	湿原	天然	湿原	24-26
床譚	Tok	128	43.002045	144.879141	トドマツ	針葉樹	常緑樹	天然	天然	20-22
別寒辺牛1	Bek1	7	43.139687	144.856846	ミズナラ	広葉樹	落葉樹	天然	天然	22-24
別寒辺牛2-1	Bek2.1	12	43.141240	144.854949	カラマツ	針葉樹	落葉樹	人工	人工	20-22
別寒辺牛2-2	Bek2.2	12	43.141240	144.854949	カラマツ	針葉樹	落葉樹	人工	人工	22-24
別寒辺牛3	Bek3	5	43.162881	144.848237	ミズナラ	広葉樹	落葉樹	天然	天然	20-22
別寒辺牛4-1	Bek4.1	5	43.175662	144.858875	ヤナギ類	湿原	湿原	天然	湿原	20-22
別寒辺牛4-2	Bek4.2	5	43.175662	144.858875	ヤナギ類	湿原	湿原	天然	湿原	22-24
別寒辺牛5	Bek5	10	43.213467	144.791101	ミズナラ	広葉樹	落葉樹	天然	天然	21-23
別寒辺牛6	Bek6	7	43.211974	144.787810	ヨシ・スゲ	湿原	湿原	天然	湿原	21-23
奔渡1-1	Pon1.1	76	43.015473	144.875345	トドマツ	針葉樹	常緑樹	人工	人工	20-22
奔渡1-2	Pon1.2	76	43.015473	144.875345	トドマツ	針葉樹	常緑樹	人工	人工	23-25
末広1-1	Mab1.1	112	42.994714	144.918454	トドマツ	針葉樹	常緑樹	人工	人工	20-22
末広1-2	Mab1.2	112	42.994714	144.918454	トドマツ	針葉樹	常緑樹	人工	人工	23-25
末広2-1	Mab2.1	107	42.992787	144.921249	ダケカンバ	広葉樹	落葉樹	天然	天然	20-22
末広2-2	Mab2.2	107	42.992787	144.921249	ダケカンバ	広葉樹	落葉樹	天然	天然	23-25
霧多布1	Kir1	11	43.079940	145.034670	ヨシ・スゲ	湿原	湿原	天然	湿原	22-24
霧多布2	Kir2	26	43.078309	145.040532	ミズナラ	広葉樹	落葉樹	天然	天然	22-24

結果と考察

今回は、イエローパントラップで採集された有剣ハチに関して記述する。

1. イエローパントラップで得られた有剣ハチ相

イエローパントラップにより、11科61種314個体（うち不明10種）の有剣ハチが得られた（付録1）。このうち、ヤマトセイボウモドキは北海道未記録種であった。道東地域は有剣ハチのまとまった分布記録がほとんどなく、近年の記録は霧多布湿原（霧多布湿原ナショナルトラスト 2018）と足寄町（上森ら 2022）のみである。そのため、本調査で得られた有剣ハチのリストは、生態系や生物多様性保全のための重要な基礎データとなる。なお、霧多布湿原では53種（うち学名未決定5種）の有剣ハチが記録されているが、本調査で得られたもののうち50種はこのリストに含まれていなかった。

限られた調査期間にも関わらず、多くの種を確認することができた。例えば上森ら（2022）では標高200~1600mの天然林や二次林で、時期の異なる3回のイエローパントラップ調査を行った結果、62種を記録している。本調査で短期間のうちに多くの種を確認することができたのは、湿原と森林という異なる生息環境が隣接しており、それぞれを生息適地とする種や両環境を必要とする種などが得られたためであると考えられる。

2. 厚岸町の有剣ハチ群集

・種構成の類似度

湿原と森林の種構成の類似度を調べたところ、湿原と森林に分かれることはなく、主に“厚岸湖南側の針葉樹林”と“それ以外の広葉樹、針葉樹、湿原”の2つのグループに分かれた（図2）。明確な理由は不明だが、厚岸湖南側は低気温、高湿度、日照の少なさ、塩害などの海霧の影響を強く受けていると考えられるため、それらに耐性のある種が特異に生息しているのかもしれない。なお、これらの地点ではマエトウマメカマバチが優占している点が特徴的である。湿原と森林にわかれなかった理由としては、営巣場所は森林、採餌場所は湿原である種があり、その種が両環境で採集されたということが考えられる。有剣ハ

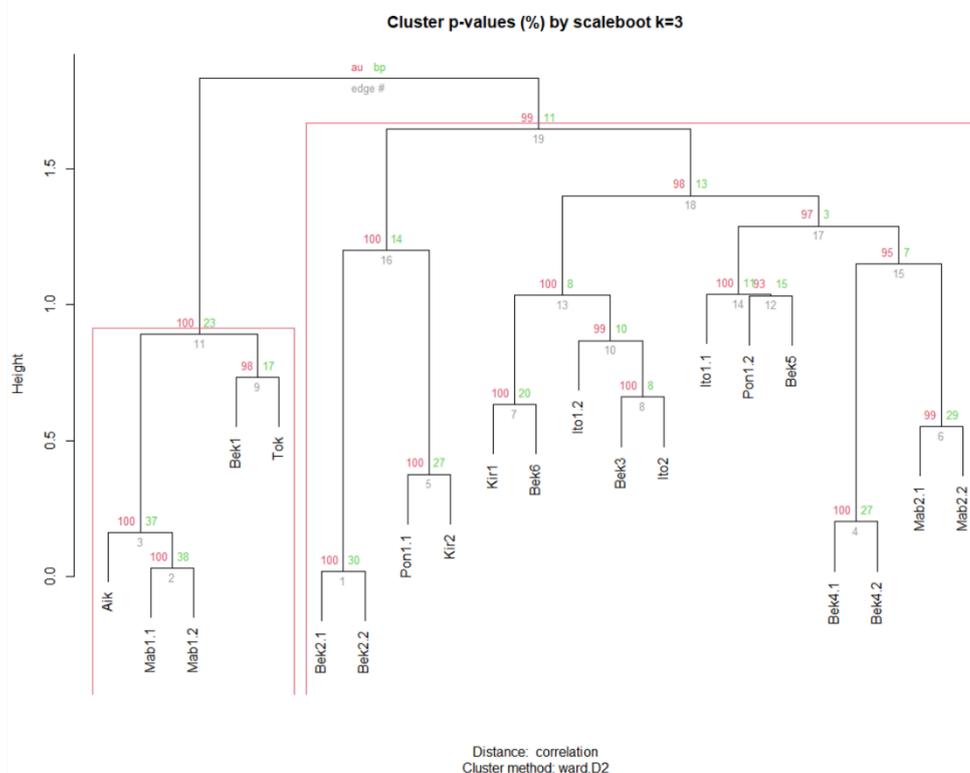


図2. 調査地点間の群集の類似度。赤枠で囲まれた地点は群集が有意に類似していることを示す（95%信頼区間）。

チは地中に営巣する種が多く、湿原の水分を多量に含んだ土壌では、巣の強度を保てない、カビなどの病害に見舞われやすいなどのデメリットがあり、営巣環境として適さないことが推測される。本地の有剣ハチ類の保全のためには、湿原・森林の両環境を維持することが重要であることが示唆される。

・植生間の比較

広葉樹、針葉樹、湿原という植生の違いを比較したところ、個体数は湿原に比べ広葉樹で有意に少なかった (図3)。種数は湿原に比べ針葉樹で有意に少なかった (図3)。種多様性は3つのタイプの間で差はなかった (図3)。また、常緑樹、落葉樹、湿原の違いを比較したところ、個体数と種数は湿原に比べ常緑樹で有意に少なかった (図4)。種多様性は3つのタイプの間で差はなかった (図4)。

イエローパントラップは色で誘引するという特性があるため、広葉樹林や針葉樹林、常緑樹林に比べ、明るくトラップが視認しやすい湿原で多くの個体数が得られたと考えられる。Simpson の多様度指数は種数が多く、かつそれぞれの種が均一に生息している場合に高くなる指数である。森林環境で得られた個体数や種数は少なかったが、個体数に対する種数の割合が大きかった (つまり、得られた個体はほとんど違う種であった) ため、湿原と比較しても差がなかったと考えられる。また、森林環境に生息している潜在的な種数はより多い可能性が示唆された。

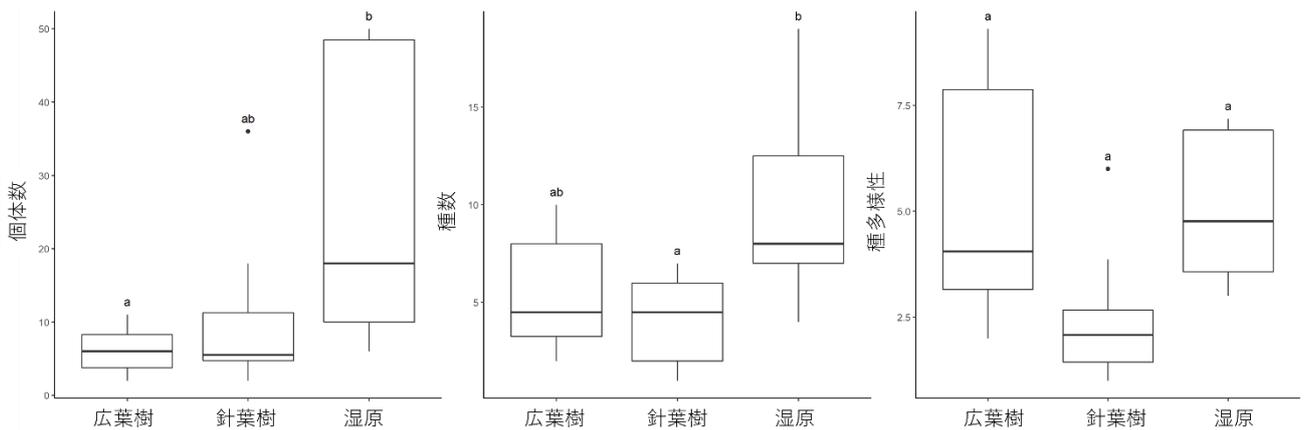


図3. 広葉樹林、針葉樹林、湿原環境における有剣ハチの個体数、種数、種多様性の比較。

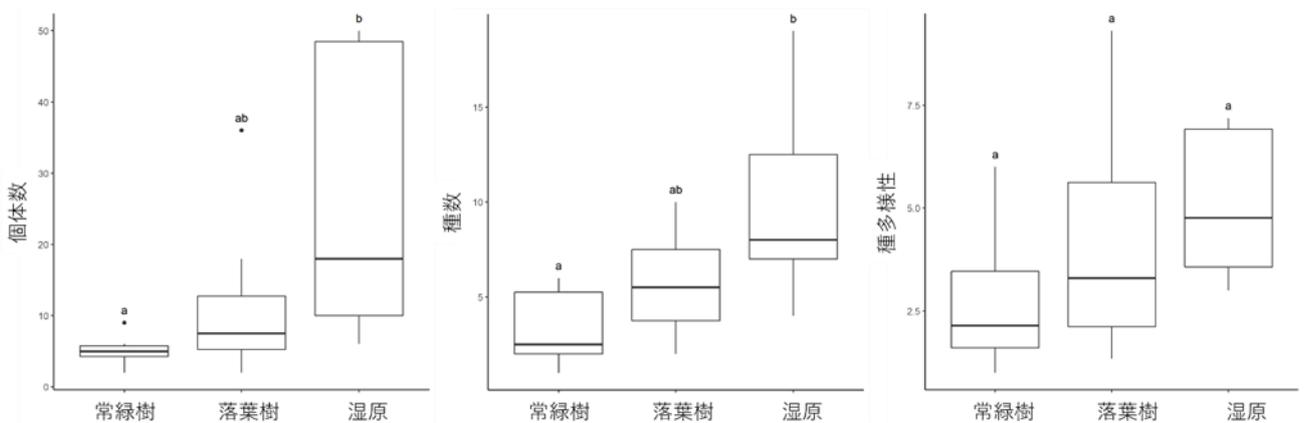


図4. 常緑樹林、落葉樹林、湿原環境における有剣ハチの個体数、種数、種多様性の比較。

・土地利用間の比較

土地利用について、天然（天然林，二次林，湿原）と人工（カラマツ，トドマツ人工林）の違いを比較したところ、個体数の違いはなかったが、種数と種多様性は天然に比べ人工で有意に低かった（図5）。また、天然林（天然林，二次林），人工林（カラマツ，トドマツ人工林），湿原の違いを比較したところ、個体数は湿原に比べ天然林で少なかった（図6）。種数は湿原に比べ人工林で少なかった（図6）。種多様性は天然林と湿原に比べ人工林で低かった（図6）。

人工林と湿原の個体数に有意な差はなかったが、これはカラマツ人工林において多くの個体が得られたことが影響していると考えられる。カラマツ人工林は落葉樹ということもあり、林床が明るくハチがトラップされやすかったことが考えられる。一方でカラマツ人工林では特定の種（ヤマトセイボウモドキ）が優占していたため、種数や種多様性としては低くなったと考えられる。人工林に比べ天然林・二次林や湿原環境で種多様性が高く、トラップ効率に関わらず天然性の環境で多くの種が生息していることが明らかになった。トドマツは厚岸町周辺に自生している植物ではあるが、下層植生の刈払いや高密度育林などの人工林施業の実施は、有剣ハチの種多様性を下げる要因となることが示唆された。

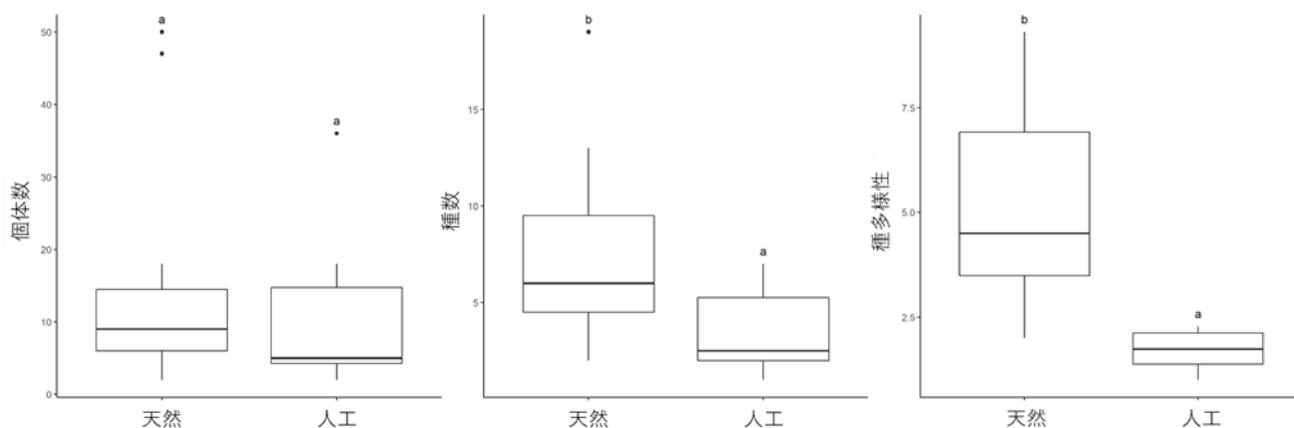


図5. 天然（天然林，二次林，湿原）と人工（カラマツ，トドマツ人工林）環境における個体数，種数，種多様性の比較。

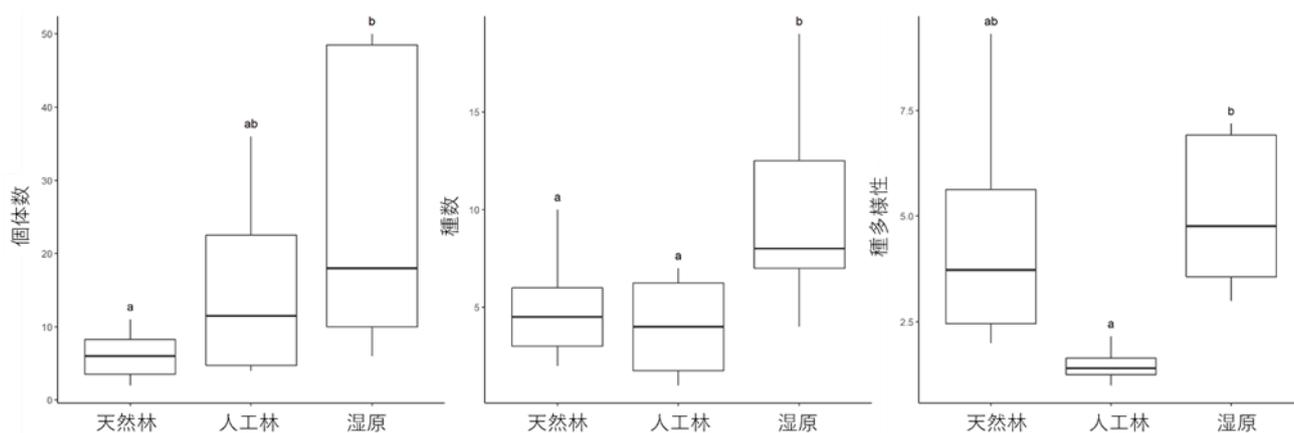


図6. 天然林（天然林，二次林），人工林（カラマツ，トドマツ人工林），湿原環境における個体数，種数，種多様性の比較。

3. 厚岸町と足寄町の有剣ハチ群集の比較

厚岸町の有剣ハチ群集の特性を調べるため、8月上旬に本調査と同様の方法で採集された足寄町の有剣ハチ群集と比較を行った。足寄町は十勝平野内陸部に位置しており、西側の山地は東大雪地域に含まれ

る。足寄町では標高 200~1600m の範囲の約 100m ごとにサイトを設けており、標高 200~400m はミズナラ・シラカンバ・オオバボダイジュなどからなる落葉広葉樹林、標高 500~1300m はトドマツ・エゾマツ・アカエゾマツが優占する針広混交林、標高 1300~1500m はダケカンバ矮小林、標高 1500~1600m はハイマツ林である（上森ら 2022）。

厚岸町と足寄町の有剣ハチ群集の種構成を比較すると、大きく“足寄町の高標高”と“それ以外”の地域に分かれた（図 7、赤枠）。厚岸町と足寄町高標高の有剣ハチ群集は異なる種構成をしており、植生や気候が類似していても生息している有剣ハチは異なることが明らかになった。また、“それ以外”の地域の中でもいくつかのグループに分かれていた（図 7、青枠）。このグループは厚岸町と足寄町で分かれており、厚岸町の有剣ハチ群集の種構成は少なくとも足寄町の低地とは異なることが明らかになった。このグループの中でも湿原と森林といった分かれ方はしなかった。

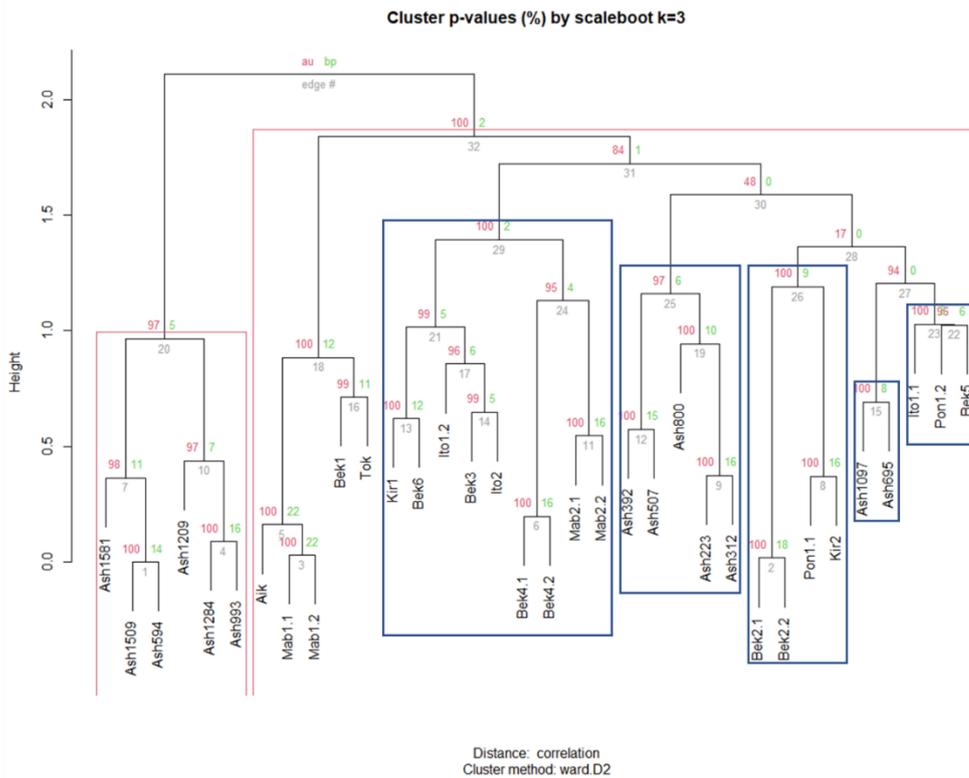


図7. 厚岸町と足寄町の群集の類似度。Ashは足寄の点を示し、末尾の数字は標高を示す。赤枠で囲まれた地点は群集が有意に類似していることを示す。青枠で囲まれた地点はそれぞれの枝内で有意に類似していることを示す（95%信頼区間）。

結論

厚岸町における有剣ハチ群集は天然性林や湿原で種多様性が高く保たれており、多くの種が両環境に生息していることが明らかになった。湿原環境の保全が注目されがちだが、有剣ハチ群集の保全のためには森林環境の保全も同時に行う必要があることが示唆された。また、厚岸町の有剣ハチ群集は植生の類似する高地森林や気候の異なる他地域の低地森林とは異なっており、群集の特殊性が示された。この特殊性が地域的なものか、湿原と森林が隣接しているという環境的なものかという疑問が残された。今

後、他地域の湿原－森林環境や、低地森林での調査を行うことで、有剣ハチ群集の支配要因を明らかにしていきたい。

謝辞

本調査の実施にあたり、瀧谷辰夫氏をはじめとする厚岸水鳥観察館のスタッフの方々には、施設使用の便宜を図っていただくなど多くの面でご協力いただいた。九州大学の三田敏治博士には、セイボウ上科の同定をしていただいた。九州大学の稲益峻氏には調査補助および一部植物の同定をしていただいた。根釧西部森林管理署には真竜国有林での調査許可を、北海道釧路総合振興局には道有林での調査許可をいただいた。厚く御礼申し上げます。本研究の一部は令和3年度厚岸湖・別寒辺牛湿原学術研究奨励補助金制度およびJST次世代研究者挑戦的研究プログラム（JPMJSP2136）の支援を受けて行われた。

引用文献

霧多布湿原ナショナルトラスト（2018）霧多布湿原生きものリスト 2018. 特定非営利活動法人 霧多布湿原ナショナルトラスト, 北海道.

Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E. & Wagner, H. (2018). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-2. 2018.

R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.

Shimodaira, H. (2008). *Approximately Unbiased P-values via Multiscale Bootstrap*.

Suzuki, R., & Shimodaira, H. (2013). *Hierarchical clustering with P-values via multiscale bootstrap resampling*. R package.

多田内修・村尾竜起（編）（2014）日本産ハナバチ図鑑. 文一総合出版, 東京.

寺山守・須田博久（編）（2016）日本産有剣ハチ類図鑑. 東海大学出版部, 神奈川.

上森教慈・三田敏治・清水 晃・菱 拓雄（2022）北海道足寄町の森林においてイエローパントラップを用いて採集された有剣ハチ類. 九州大学演習林報告, 103: 45-51. (受理済み)

