

コンクリート壁上におけるハマキゴケ属 2 種の群落についての調査とその考察

伊藤 藍斗^① 大森 康平^① 小谷 秋太^① 片岡 亮^① 藤村修司^②

^①高知県立高知東高等学校二年生¹⁾ ^②高知県立高知東高等学校教諭²⁾・土佐生物学会員

研究要旨

市街地、特にコンクリートに生えているコケはほぼハマキゴケ属の 2 種（ハマキゴケ、カタハマキゴケ）で優占されていることを知り興味を持った。この 2 種の生態的な違いについて、まだ不明なことが多いことを知り、自分たちでハマキゴケ属 2 種の好む環境や分布状況などに違いがあるのかを調べてみることにした。この 2 種は、肉眼では判別がつかないことから頻度法という調査方法で行うこと、さらに先行研究がないことから人工構造物上のコケの調査に適した具体的方法を考えることから始めることとした。その結果、コンクリート上のコケ群落に適した調査方法を確立でき、この 2 種は環境の好みにわずかな差があるため分布域が少し違っていること、そしてその分布域の違いはすみわけではなく攪乱を伴った競争の結果であることが考えられた。

研究動機

以前から壁面や市街地で見かけるコケには何種類くらいあるのか興味を持っていた。生物の先生に聞いてみると、コンクリートに限れば壁面や市街地に生えている主なコケはハマキゴケ属のみで、広い地域にたくさん生息しているものの、生えている種類は 2 種しかないことに衝撃を受けた。さらにその 2 種はハマキゴケ (*Hyophila propagulifera*) とカタハマキゴケ (*Hyophila involuta*) で、両種は一見見分けがつかないが、コンクリートをめぐって微妙に好む環境が違うらしいという話を聞いた。そこでハマキゴケとカタハマキゴケについて生態的にどのような違いがあるのか、そしてその差異の原因は何かを調べることにした。

研究対象（ハマキゴケ属について）

ハマキゴケ属は、櫻井（参考資料①）により 14 種が報告されたが、岩月（参考資料⑧）では 3 種とされている。しかし高知県内で普通に見かけるのはハマキゴケとカタハマキゴケの 2 種である。どちらも乾燥に強く、また石灰岩を好むため、コンクリート上では最も普通に見られる、いわゆるアーバンモスの一つで、市街地ではほぼ純群落をあちこちに作っている。

1) 現 3 年生

2) 現私立学芸高等学校非常勤講師

この2種は、外見が非常によく似ていて肉眼では判別ができず、実体顕微鏡による観察が必要である。どちらも無性芽を大量につけるが、カタハマキゴケの無性芽は緑色で金平糖状（写真1）であるのに対し、ハマキゴケの無性芽は茶色のラグビーボール型（写真2）である。葉の形も少し違ってカタハマキゴケは葉先が丸みを帯びる傾向があり（写真3）、ハマキゴケは葉の形がほっそりする傾向がある（写真4）。また、カタハマキゴケの葉縁には鋸歯がある（写真3）がハマキゴケはなめらかである（写真4）。しかし、葉の形態差は絶対的ではないので無性芽の違いで判別するのが一番確実である。

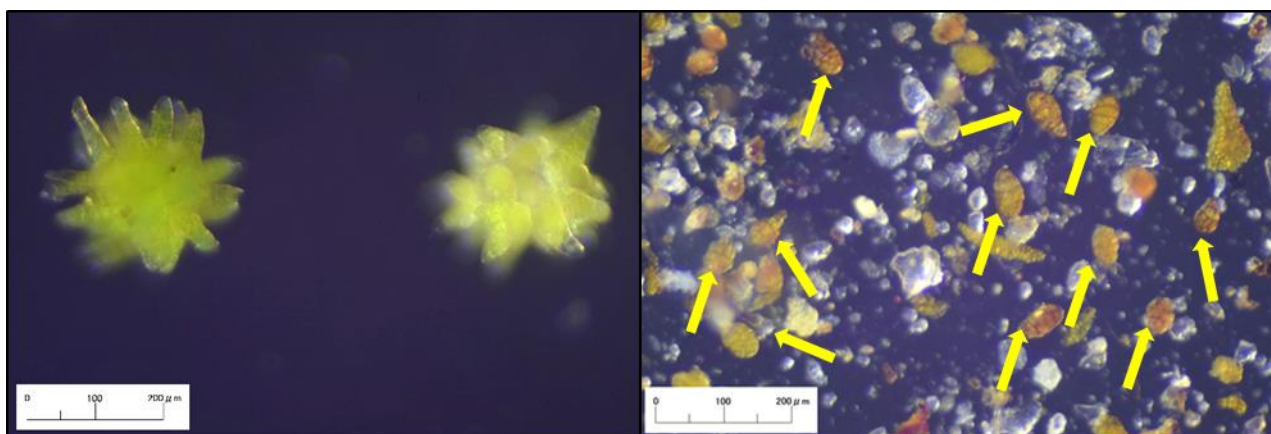


写真1 カタハマキゴケの無性芽

写真2 ハマキゴケの無性芽

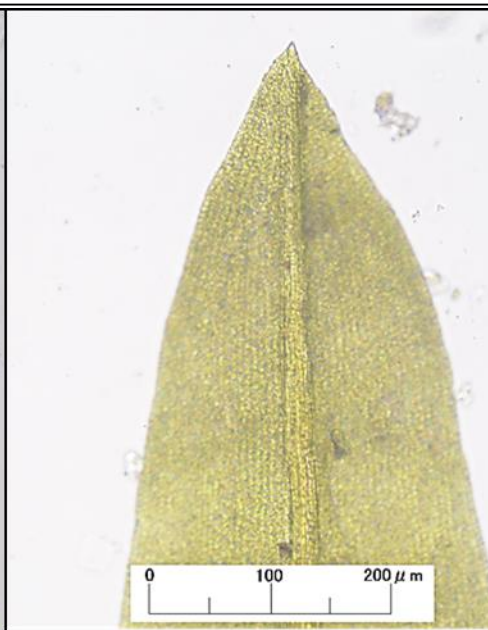
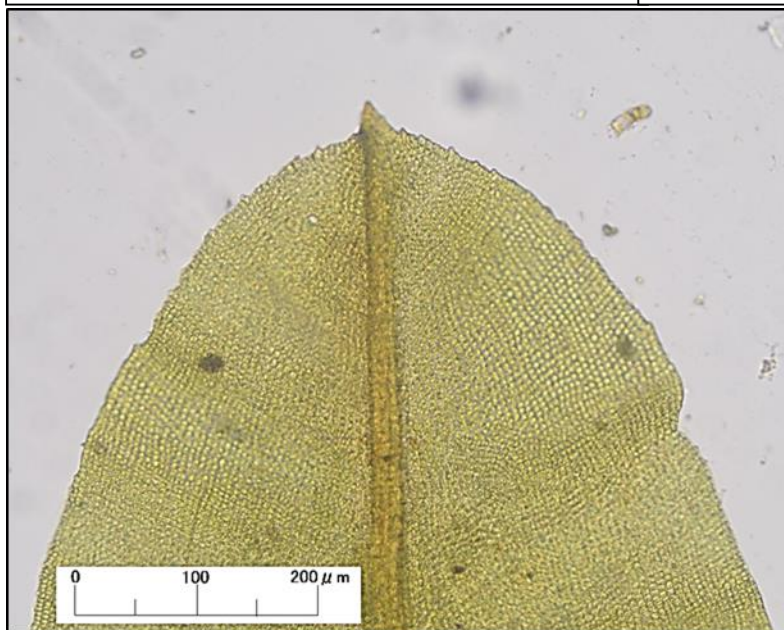


写真3 カタハマキゴケの葉先

写真4 ハマキゴケの葉先

予備調査（方形区の設定方法）

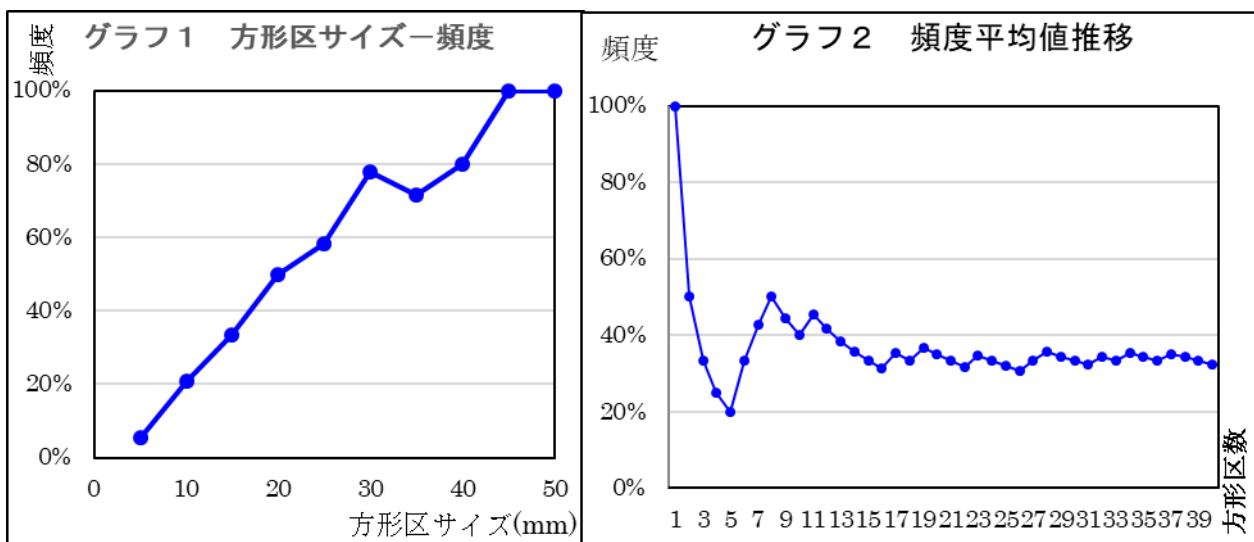
1. 先行研究とその方法

先行研究例を探してみたところ、市街地のコケ群落調査は多数見かけるが、基物については原・鴻上（参考資料②）、高橋・西平・他（参考資料③） 菅・大橋（参考資料④）など街路樹

この調査地では、ハマキゴケが優勢でカタハマキゴケがまばらな出現状況だった。このシートで方形区の大きさを 5 mm 四方と考えた場合、カタハマキゴケの出現頻度は $17 \div 306 = 5.6\%$ である。このシート上でさまざまな大きさの方形区を設定した場合、その結果から求められるカタハマキゴケの出現頻度をグラフ 1 に示した。グラフ 1 から方形区のサイズが小さいほど実際の被度の値に近くなることがわかる。紙谷・中静 (参考文献⑤) の方形区サイズを参考にし、また、コケのシートが厚い場合に方形区の面積が正確に採取できなくなる最小のサイズを考慮し、我々は市販のヘラの中で最も幅が狭い 2.5 cm 幅のものを使うことにした。

3. 方形区の数

頻度法では信頼できるデータのための方形区の数も必要である。それを調べるために高知市宗安寺近くで方形区 40 個を横一列に連続して採集した。そして、方形区と頻度の関係を確認した。この調査地では、カタハマキゴケが優勢でハマキゴケは 3 割ほどの出現頻度だった。その結果をグラフ 2 に示す。横軸が方形区数、縦軸が出現平均数である。平均値の検定の結果、15 方形区以上で信頼できるという結果になった。しかし、グラフを見ると 15 個では不安があるので数学の先生に相談したところ、「もう少し多めで貴方達が納得できる数を自由に決めていいのではないか」と言われた。それに従い我々は 20 個に決定した。

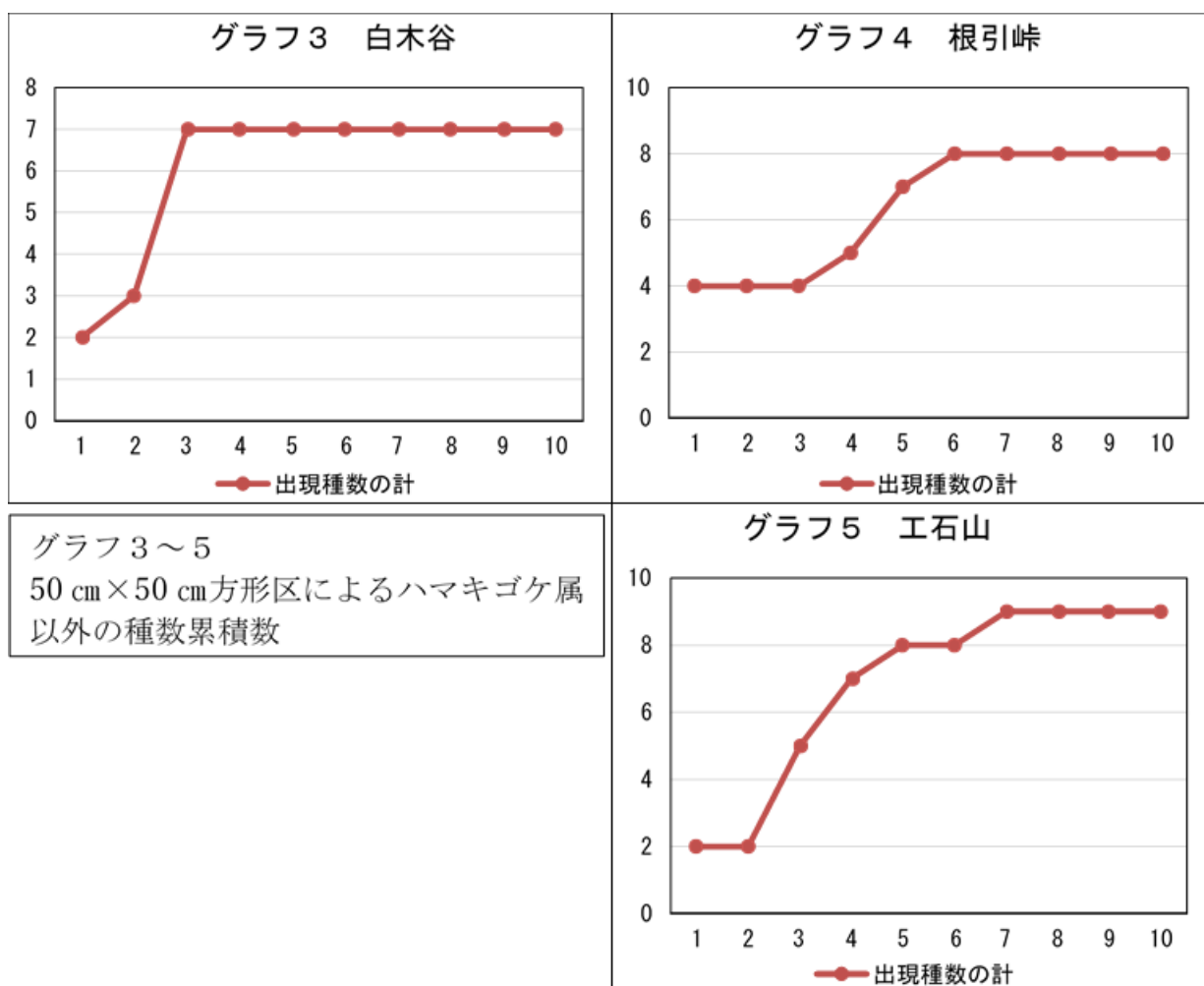


4. ハマキゴケ属以外のコケの採集方法

本調査についての方形区は 2.5 cm 四方、20 枚と決定したが、これでカバーできる面積が 125 cm² と狭いため、その採集地のコケ群落の様子を網羅しきれない。そこで、我々は上記とは別にハマキゴケ属以外の種類のために別に方形区を設定することにした。湿った場所ほど出現するコケの種類が多いと考えたので、南国市白木谷県道わき、南国市根引峠近くの町道わき、工石山北側県道わきの湿っていると思われる 3 か所で以下の予備調査を行った。

まず 50 cm 四方の方形区を設定し、その中にあるハマキゴケ以外の種類をすべて採集した。この作業を横方向に繰り返し、コケの総出現種数の変化を見た。その結果をグラフ 3~5 に示す。

3か所とも方形区が最大でも7個を超えると新しい種類が出現しなくなった。この結果から、方形区7個分の面積があればその採集地でのすべての種類を網羅できるといえるので、余裕をもって方形区8個分に相当する1 m × 2 m の区画を設定し、その中で見つかるハマキゴケ属以外のコケをすべて採集することにした。採集したコケは持ち帰り後日同定した。その際、同定を確実にするため複数の図鑑類（参考文献⑧~⑫）を参考にした。



5. コンクリート壁の種類について

コンクリート壁は大きく分けて、ブロック積み、モルタルを吹き付けて固めた壁面、型枠にコンクリートを流し込んで作ったものの3通りがある。ブロックとモルタル吹付けはその継ぎ目や凹凸が壁面とは違う微環境になることがあるので採集場所には適当ではない。そのため、三つ目のコンクリート壁を採集場所に決めた。さらに、斜面の方角が環境を決める要因の一つになると考えたので、カーブした壁面も除外した。

方法

本研究では2種の出現頻度と環境の関係を調べるのが目的なので、コケ類の採集とは別に以下の項目について調べることにした。①コンクリート壁の方角、②コンクリート壁の斜度(垂直面からの角度)、③対岸または遮蔽物までの距離、④上空の開け具合(開放指数)、⑤直射日光の当たり具合(日照指数)、⑥緯度経度、⑦標高である。さらに後で環境がわかる様に現場の写真も撮影した。

今回コンクリート壁の斜度と方角はクリノメーターを使って測り、対岸または遮蔽物までの距離は、レーザー距離計で5回測定してその平均を求めた。また、上空の開け具合と日光の当たり具合は円周魚眼レンズで天空を撮影し、後でその空の面積等を元に数値化した。

緯度経度については、コケを採集した地点をスマートフォンのGooglemapを利用して緯度経度を測り、それで得た座標を国土地理院の地図閲覧サービスサイトGSI Maps(参考文献⑤)で地形と照らし合わせながら確認し、正確な緯度経度を確定した。標高は、同じサイト画面にその地点の標高が小数点第一位まで表示されるので、それを利用した。

コケ群落に強く影響する空中湿度を多数の採集地で継続して計測することは不可能である。代わりに目をつけたのが上空の開け具合と直射日光の当たり具合である。そこで、上空の開け具合を開放指数、直射日光の当たり具合を日照指数と命名して測定することにした。

開放指数については180度円周魚眼レンズで天空を撮影し(写真5)、イメージサークル内の全面積に対して空が写っている面積のパーセントを開放指数とした。この手法は、元は雲量を測る目的で始まったもので、現在では様々な分野で応用されている。本研究では画面の約半分に壁が写るので、最大値は約60%である。

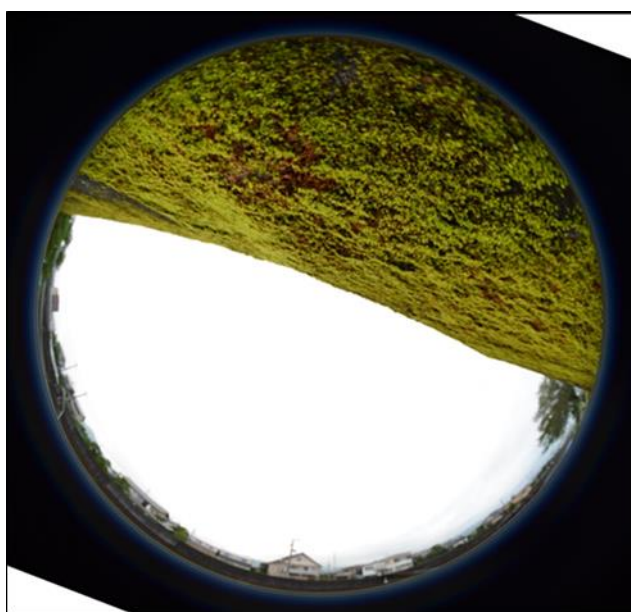


写真5 円周魚眼レンズによる上空写真

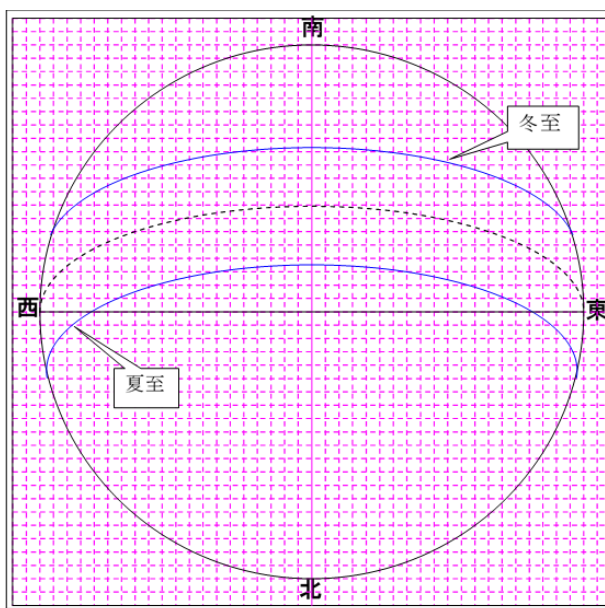


図2 上空写真の面積測定用シート

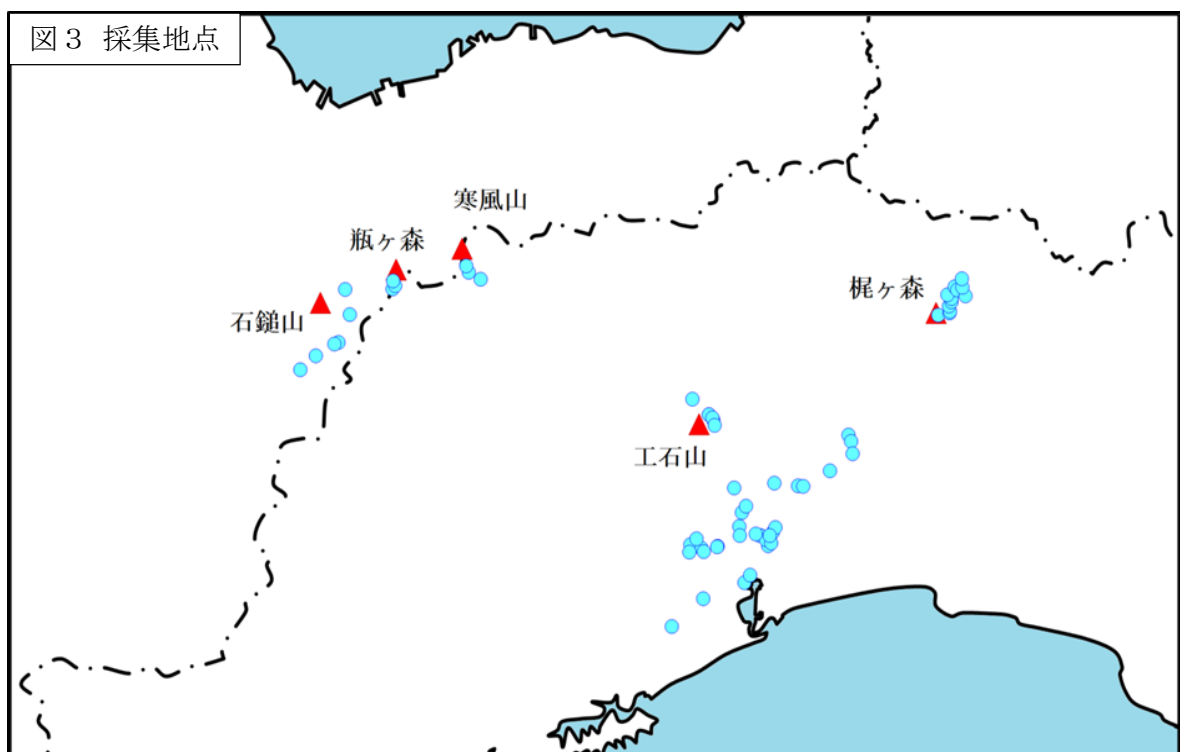
日照指数については、魚眼レンズで撮影できるイメージサークル上に夏至と冬至の太陽の軌

跡を作った(図2)。太陽は1年を通して天空上のこの2本の曲線の間を通る。この面積のうち、空が見えている部分だけが太陽が直接見える空間になるので、夏至と冬至の線に挟まれた面積のうち空が写っている面積のパーセントを日照指数とした。本研究では南向きの開けた場所なら最大値は100%近くになる。

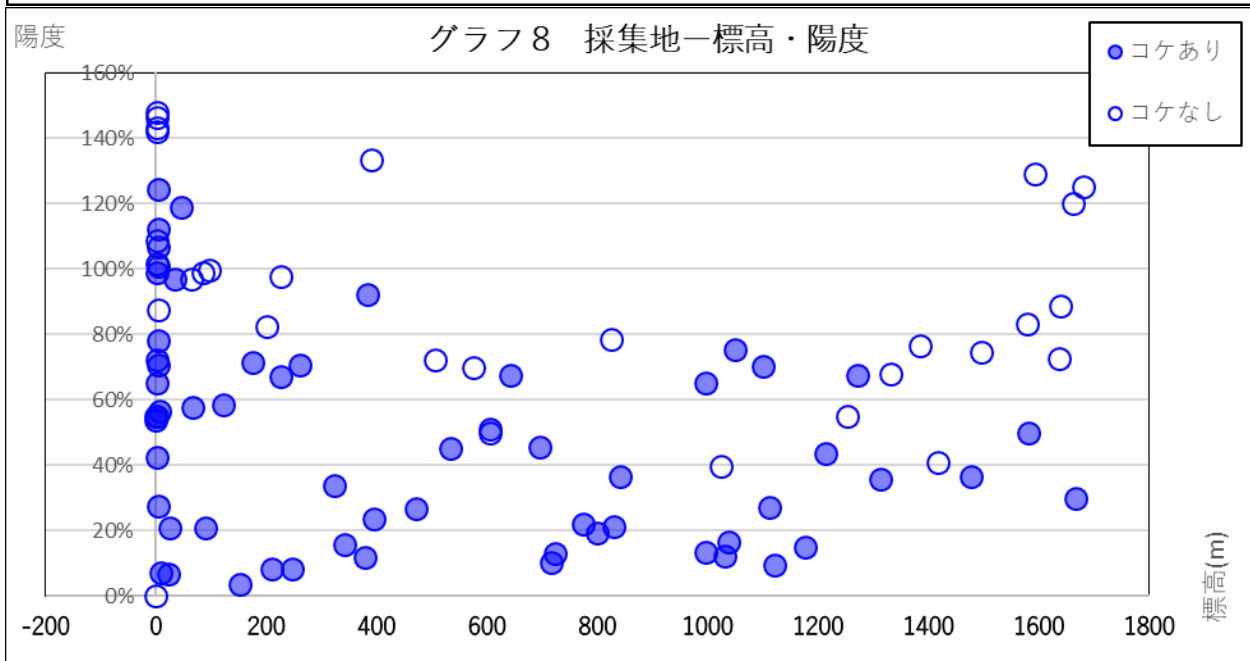
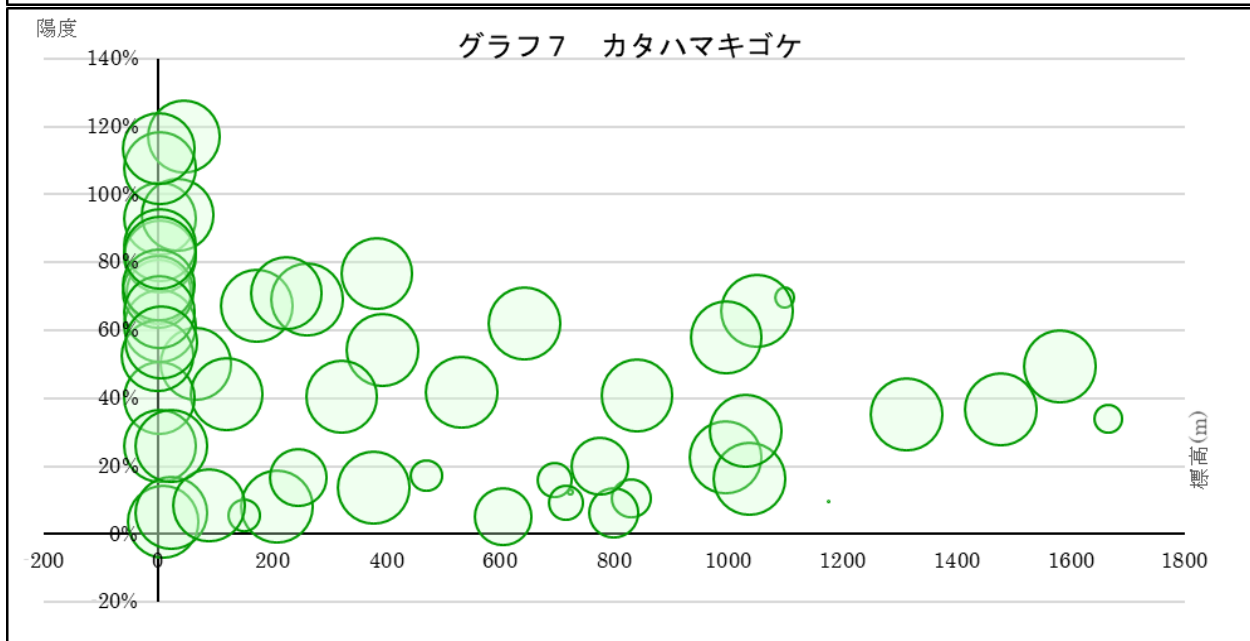
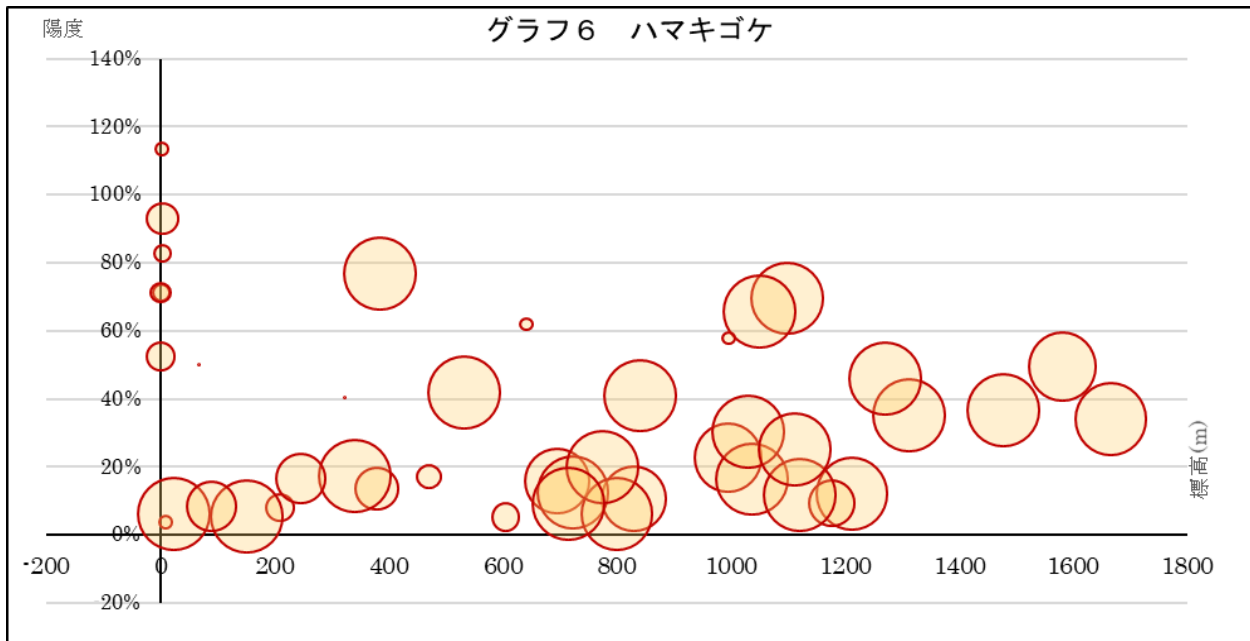
なお、開放指数とほぼ同義語に開空度があることを後で知ったが、開空度は明るさを主眼に置いた場合が多いようである。それに対し我々は維管束の無いコケ植物、しかも保水力の乏しいコンクリート上の群落を対象にしているため、空中湿度や群落の湿り具合に重きを置いていることから、本研究ではあえて開放指数のままで論じることとする。また、湿り具合に強い影響があるのは開放指数と日照指数の二つなので、これを合計したものを陽度と命名して取り扱うことにした。調査によって入手できたデータは必要に応じて抽出・グラフ化等を行い、分析を行った。

結果

60ヶ所でハマキゴケ群落を採集し、データを取ることができた(図3)。当初は高知市近辺での調査を考えていたが、途中でもっと標高の高い所のデータも必要だと判断したので梶ヶ森と石鎚山系では標高1000m以上の地点を中心に採集した。



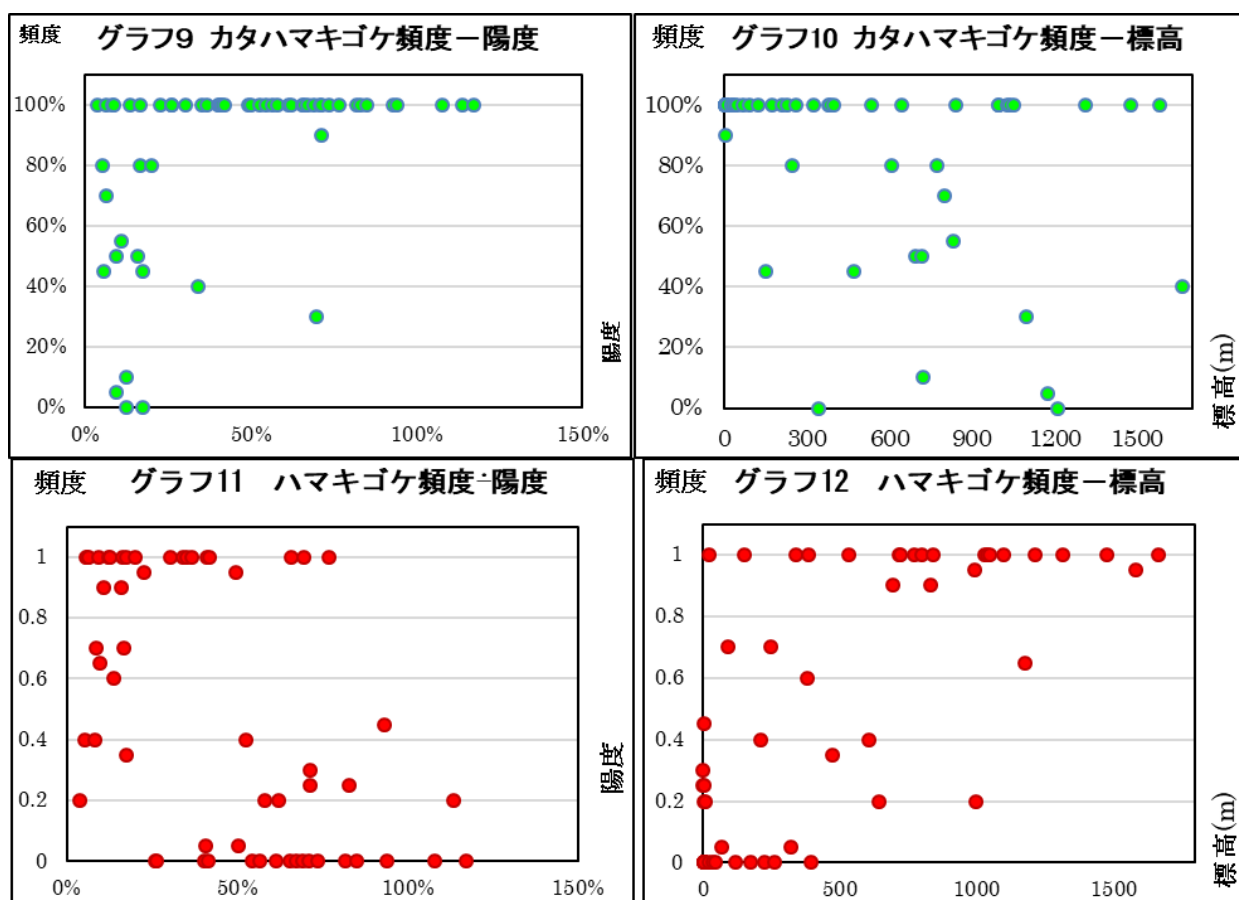
その結果、標高0.1~1666 m、市街地から山の中まで多様な環境で採集することができた。壁面の斜度は0度~34度、方角は360度まんべんなく得られた。対岸との距離は、最短が水路の中の80cmから最大は太平洋を望む無限大までだった。また、調査で確認できた種は蘚類



35 種、苔類 3 種の 38 種だった。その一覧を巻末の表 1 に記載する。ハマキゴケ属 2 種の出現状況は環境によってさまざまだった。その結果を巻末の表 2 に示す。ハマキゴケは低地、市街地ではほとんど見られず、山間部や高地、それも日陰に多い傾向があった。一方、カタハマキゴケは標高、日照などに関係なく、どこでも見られる傾向があった。壁面の斜度、対岸までの距離、ハマキゴケ属以外のコケの種類については特にこれといった傾向は見られなかった。

ハマキゴケとカタハマキゴケそれぞれの陽度と標高に対する出現状況をグラフ 6,7 に示す。このグラフからは、2 種の出現状況の違いが標高と環境の湿り具合の影響を強く受けていることが読み取れる。また、環境が厳しくてコケ群落ができていない場所も数か所データを取ったので、出現の有無と陽度・標高の関係をグラフ 8 に示す。

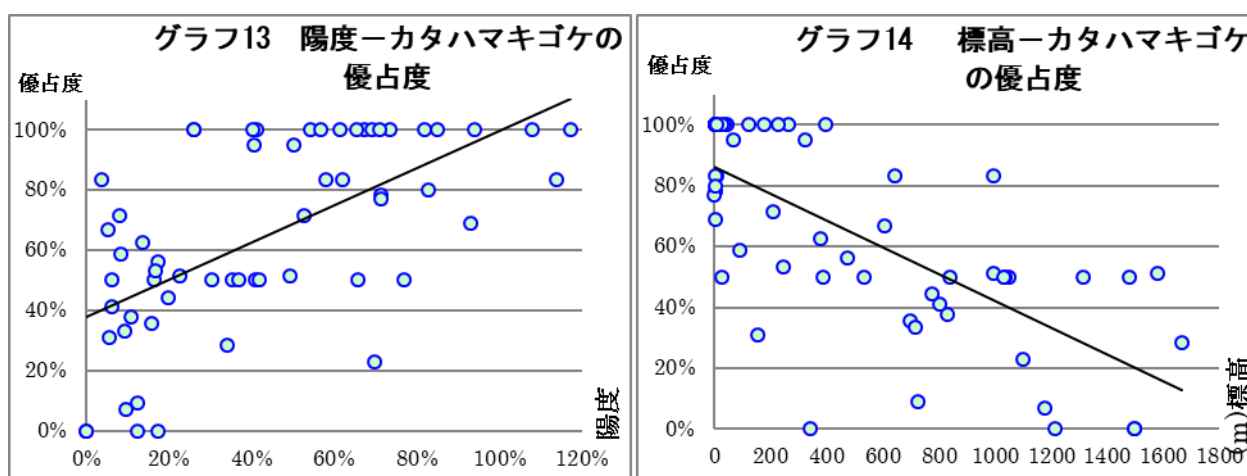
コケ群落自体は、標高 1000 m までの低地帯では陽度 80%以上、標高 1000 m 以上の山地帯では 70 %以上になると生育できなくなることがわかる。グラフ 6・7 からは、ハマキゴケについては、低地では頻度が低く、標高が上がると頻度が高い傾向が見て取れる。カタハマキゴケについては、低地から高地まで頻度 100%の採集地が並んでいる。特に標高が二桁の市街地では陽度に関係なく頻度 100%の採集地が並ぶ。しかし、陽度が 35%以下で頻度の低い地点が点在していることがわかる。



バブルグラフでは頻度 0%は表示されないのので、散布図で表示すると、グラフ 9・10 となる。特に陽度についてはカタハマキゴケの頻度が低い採集地は陽度 35%以下に集中していること

がわかる。陽度 75%付近で頻度が低い地点が一つあるが、これはハマキゴケ属以外のギボウシゴケが優占していたためである。ハマキゴケについても同様に散布図で表示する（グラフ 11、12）。頻度が高い採集地は陽度が低いところに集中し、頻度の低い採集地は陽度が高いところに集中していることがよりはっきりとわかる。

また、両種間の優占の様子を見るために、カタハマキゴケの頻度÷（ハマキゴケの頻度+カタハマキゴケの頻度）をカタハマキゴケの優占度とし、その値を標高・陽度を横軸にしたグラフ 13、14 で確認した。陽度では相関係数 0.580 と中程度の正の相関が、標高では-0.678 と中程度の負の相関が認められた。また、優占度の分布を見ると、陽度、標高の両方で連続的に変化していて 2 種が同程度に混在している採集地が多数あることがわかる。



考察

標高は気温と置き換えることができる。個々の採集地点の具体的な平均気温は調べることができなかった。標高と気温は負の相関関係にあるので傾向を理解する分には問題ないと考えられるのでここでは標高のままで論じることにする。

本研究の結果から、ハマキゴケは陽度が低い所、標高が高い所で優占している一方カタハマキゴケは環境を選ばないが、陽度が 35%を下回ると優占度が下がる、と結論できる。この数値を伴った結果は、先行研究がないので新知見である。

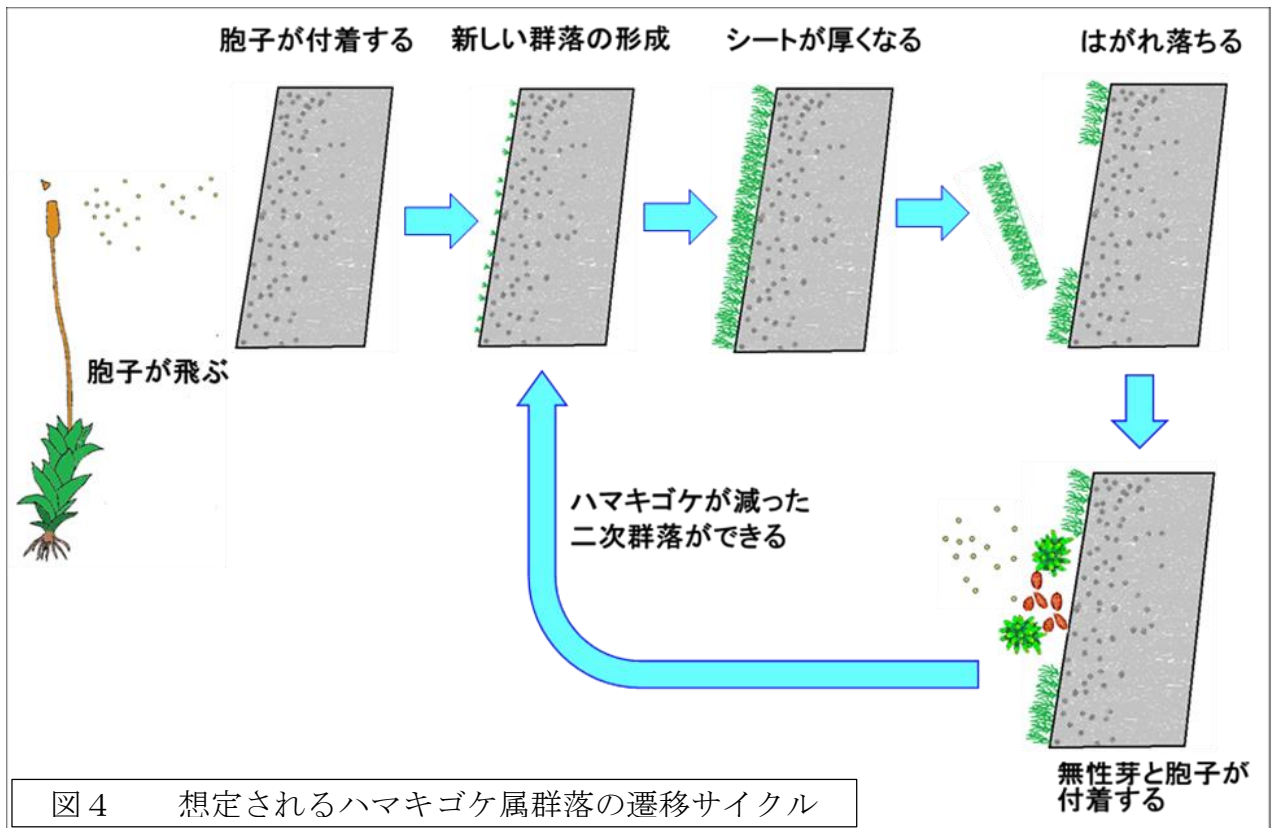
ハマキゴケ 2 種の競争

ハマキゴケ 2 種は形態だけでなくコンクリートを好む性質までよく似ている。もともとは石灰岩を好む種（参考文献⑩）だったものが、文明の発達でコンクリートと出会い、それが石灰岩以上にハマキゴケとカタハマキゴケに好まれた（参考文献⑧、⑨）のだろう。そのため、この 2 種の間にはコンクリート壁をめぐる競争またはすみわけが起こっているはずである。それならば遷移の途中でない限りどちらか一方が圧倒的優勢になるはずだが、グラフ 13、14 はそうはなっていない。このことから 2 種の関係はすみわけではなく攪乱を伴う競争が起こって

いると考えるべきだろう。攪乱については後述する。

それぞれの出現状況を見ると、カタハマキゴケについては採集したほぼすべての環境でまんべんなく見つかることから、適応性が高く繁殖力も強いことが予想される。繁殖力の強さについては、採集していく中でカタハマキゴケのほうが胞子のうをよくつけているのを見かけた。高知大学の松井透教授も、経験上カタハマキゴケの方が胞子のうをたくさんつけているのを見かけるのでカタハマキゴケの繁殖力のほうが強いのではないかと言われていた。また図鑑（参考文献⑪、⑫）にもカタハマキゴケのほうが胞子のうをよくつけるとの記述がある。さらに両種とも胞子のうをつけた個体は無性芽を作っていないことが本調査での経験上わかっている。そのことは松井教授も指摘されていた。これはトレードオフの結果だと考えられる。

攪乱については、コンクリート壁の足元にコケシートのかけらがはがれ落ちていることを夏の調査中に多数目撃した。さらに1月には壁面でコケシートの一部が新しくはがれ落ちている場所を複数確認した。これはギャップができて攪乱が起こった状態と言え、意外に頻繁に起こっていると考えられる。その一方で、2種とも個々の個体は基物から伸びあがっていて、コケシートの上に新しい個体が成長を始めたような様子は今回の調査では観察されなかった。それから考えると、無性芽、胞子ともに基物についた時だけ新しい個体へと成長できると思われる。



このことから、コンクリート壁上のコケ群落がはがれ落ちる過程として、まずコケシートが成長肥厚して重量が増していく。そして乾燥が続くとコケシートがひび割れていき、できたブロックが自然に脱落していく。その後むき出しになったコンクリート面だけに再び新しい個体

が生育してシートを作ることを繰り返していくという流れが容易に推察できる。孢子や無性芽が飛ばされる距離や付着能力に関する報告例は見当たらないので断言はできないが、市街地でのカタハマキゴケが圧倒的優勢な状況は以下のようなサイクルの結果だと考えられる。

- ①新しいコンクリート壁に孢子が飛来する、
 - ②コケシートが形成される（乾燥が強くハマキゴケには不利）、
 - ③シートが厚く成長する、
 - ④コケシートが部分的にはがれ落ちる（ギャップができ攪乱がおこる）、
 - ⑤はがれたところに両種の無性芽とカタハマキゴケの孢子が付着する、
 - ⑥ハマキゴケが前より減った二次群落ができる、
- 以上が繰り返される（図4）。

このようにして市街地ではハマキゴケが駆逐されていったのではないだろうか。市街地近くでも陽度が極端に低い場所ではまだハマキゴケが少量見られるのは、本来カタハマキゴケがあまり得意ではない環境のためハマキゴケが侵入・存続する余地があるためと考えられる。これらの仮説を確認するためには、トレードオフ関係については孢子や無性芽からの個体発生の調査が必要であり、遷移関係については十数年後に同じ手法で再調査をする必要がある。また、中村・古木・原田（参考文献⑭）にはカタハマキゴケは西日本に多く、ハマキゴケは東日本に多く分布するとの記述がある。このことから高知市街地では当初からカタハマキゴケが優占していた可能性も排除はできない。これについては全国的な調査が必要だろう。

本調査では市街地での採集場所が少ないまま終わったが、これはコケの採集がコンクリート面に傷をつけ景観破壊につながるのを、民家の壁を避けたことと、市街地では1 m×2mのコンクリート平面自体がなかなか無かったためである。それでもハマキゴケ群落について様々なことを明らかにすることができた。その一方で研究のきっかけになった市街地についての精密な調査はできていない。市街地のハマキゴケ群落を調査するためには豊富な採集地点を確保できる新しい方法を確立する必要があるが、今回の研究結果を参考にそれにもチャレンジしたい。

謝辞

ご協力、ご支援を頂きました関係の方々はこの場を借りてお礼申し上げます。

特にたくさんのアドバイスを頂いた高知大学工学部の松井透教授、検定や関数での作図を教えてくださいました高知県立高知東高等学校の菅谷真友先生に感謝の意を表します。

参考文献

- ① 櫻井久一（1953） 日本産ハマキゴケ属の研究. 植物学雑誌第 67 巻第 787-788 号
- ② 原幹雄・鴻上泰（1978） 高知市街地の樹皮着生蘚苔類. 高知大学学術研究報告第 6 巻自然科学第 12 号
- ③ 高橋和成・西平直美・他（2006） 岡山県総合グラウンドにおける樹幹着生蘚苔類の生育と方位との関係. Naturalistae, No10:19-26
- ④ 菅邦子・大橋毅（1992） 東京都における樹木着生蘚苔類の分布状況. 日本蘚苔類学会会報第 5 巻第 11 号
- ⑤ 神谷智彦・中静透（2006） 河川植生の新たな評価手法に関する研究.
(https://www.kasen.or.jp/Portals/0/pdf_jyosei/jyosei02c_124.pdf)
- ⑥ 藤村修司（1982） コンクリート壁上の蘚苔植物群落. 高知大学理学部卒業論文
- ⑦ 地理院地図/GSI Maps | 国土地理院 <http://maps.gsi.go.jp>
- ⑧ 岩月善之助編（2001） 日本の野生植物・コケ. 平凡社
- ⑨ 服部新佐監修（1978） 原色日本蘚苔類図鑑. 保育社
- ⑩ 野口彰（1976） 日本産蘚類概説. 北隆館
- ⑪ 藤井久子（2017） 特徴がよくわかるコケ図鑑. 家の光協会
- ⑫ 佐木山祝一（2019） コケの国のふしぎ図鑑. 株式会社エクスマレッジ
- ⑬ 大石義隆（2019） じっくり観察特徴がわかるコケ図鑑. ナツメ社
- ⑭ 中村俊彦・古木達郎・原田浩（2002） 野外観察ハンドブック校庭のコケ. 全国農村教育協会

表1 同定された蘚苔類一覧

蘚類	
ホウオウゴケ科	
トサカホウオウゴケ	<i>Fissidens dubius</i>
センボンゴケ科	
ネジクチゴケ	<i>Barbula unguiculata</i>
チュウゴクネジクチゴケ	<i>Didymodon constrictus</i>
ハマキゴケ	<i>Hyophila propagulifera</i>
カタハマキゴケ	<i>Hyophila involuta</i>
クチヒゲゴケ	<i>Brachydontium Bruchydontium</i>
ケギボウシゴケ	<i>Grimmia pilifera</i>
ギボウシゴケ	<i>Schistidium apocarpum</i>
シナチヂレゴケ	<i>Ptychomitrium gardneri</i>
ナガバチヂレゴケ	<i>Ptychomitrium linearifolium</i>
ハチヂレゴケ	<i>Ptychomitrium dentatum</i>
ハリガネゴケ科	
ハリガネゴケ	<i>Bryum capillare</i>
ギンゴケ	<i>Bryum argenteum</i>
ヤマハリガネゴケ	<i>Bryum paradoxum</i>
チョウチンゴケ科	
ユガミチョウチンゴケ	<i>Trachycystis ussuriensis</i>
コツボゴケ	<i>Plagiomnium acutum</i>
オオバチョウチンゴケ	<i>Plagiomnium vesicatum</i>
ホゴケ科	
シバゴケ	<i>Racopilum aristatum</i>
タマゴケ科	
カマサワゴケ	<i>Philonotis falcata</i>
クジャクゴケ科	
クジャクゴケ	<i>Hypopterygium fauriei</i>
シノブゴケ科	
ナガスジイトゴケ	<i>Haplohymenium longinerve</i>
ラセンゴケ	<i>Herpetineuron toccoeae</i>
トヤマシノブゴケ	<i>Thuidium kanedae</i>
チャボシノブゴケ	<i>Thuidium sparsifolium</i>
ヤナギゴケ科	
コガネハイゴケ	<i>Campyliadelphus chrysophyllus</i>
アオギヌゴケ科	
ケヒツジゴケ	<i>Brachythecium garovaglioides</i>
ヒモヒツジゴケ	<i>Brachythecium helminthocladum</i>
ナガヒツジゴケ	<i>Brachythecium buchananii</i>
ハネヒツジゴケ	<i>Brachythecium plumosum</i>
アオハイゴケ	<i>Rhynchostegium riparioides</i>
ツヤゴケ科	
ツクシツヤゴケ	<i>Entodon macropodus</i>
ハイゴケ科	
ミチノクイチイゴケ	<i>Herzogiella perrobusta</i>
キャラハゴケ	<i>Taxiphyllum taxirameum</i>
ハイゴケ	<i>Hypnum plumaeforme</i>
シワラッコゴケ	<i>Gollania ruginosa</i>
苔類	
ハネゴケ科	
マルバハネゴケ	<i>Plagiochila ovalifolia</i>
ヤスデゴケ科	
クロヤステゴケ	<i>Frullania amplicrania</i>
クサリゴケ科	
ヤマトコミミゴケ	<i>Lejeunea japonica</i>

