

日本庭園における地生蘚苔類の管理手法

大石善隆

信州大学農学部森林科学科

要約 京都市内の代表的な日本庭園の一つである平安神宮庭園を調査地として、庭園景観上重要な地生蘚苔類の生育環境を把握し、その管理手法について検討した。ベルトトランセクト法を用いて調査地内に48コドラートを設置し、各種の被度と環境条件（日射量・水分蒸発量・土壌含水量・土壌硬度・土壌pH、草本被度）を記録、計測した。Detrended Correspondence Analysisを用いて各種の分布と環境条件との関係を解析した結果、各種の分布には日射量と草本被度が強く影響していることが明らかになった。これらの環境条件と庭園環境との関係を検討したところ、日射量は樹林タイプ、草本被度は管理頻度と関連していると考えられた。以上の結果に基づき、樹林管理による日射量の調整と除草による草本被度の抑制に着目した地生蘚苔類の管理手法が提案された。

キーワード：蘚苔類，平安神宮，日本庭園，地被植物，管理

1. はじめに

古来より蘚苔類（コケ植物）は日本庭園の地表を占める地被植物として使われており¹⁾、庭園の下草類として用いられている蘚苔類は「地生蘚苔類」として区分されている²⁾。代表的な地生蘚苔類には、スギゴケ類（ウマスギゴケやオオスギゴケ）、シラガゴケ類（アラハシラガゴケ・ホソバオキナゴケ）、ヒノキゴケ、コバノチョウチンゴケなどがあり、これらの地生蘚苔類はしばしば庭園の重要な景観構成要素となっている³⁾。現在、地生蘚苔類の構成種や分類については研究・事例が報告されているが^{2,3)}、その生育環境や管理に関する研究は少なく、庭園景観の維持管理のための基礎的な研究が必要とされている。そこで、代表的な日本庭園の一つである平安神宮神苑（京都市左京区）において庭園景観上重要な地生蘚苔類の生育環境を把握し、その管理手法について考察することを目的として研究を行った。

2. 調査地・解析方法

2.1 調査地

調査地は、京都府京都市左京区岡崎平安神宮内（北緯35度1分，東経135度47分）にある平安神宮神苑（日本庭園）とした（図1）。平安神宮神苑は、明治28年に着工された総面積約20130m²の日本庭園

である^{4,5)}。調査地のある京都市は年平均気温15.6°C、年降水量は1545.4mmであり⁶⁾、照葉樹林帯に属する⁷⁾。

2.2 解析方法

(1) 地生蘚苔類データ

地生蘚苔類調査は2005年1月30日から2006年2月24日にかけて行った。本研究では、庭園内において被度・出現頻度が高く、重要な庭園景観要素となっている地生蘚苔類に着目し、研究対象は「2m×2m（4m²）以上の大きさの群落が複数みられる地生蘚苔類」とした。

まず、調査地全体を踏査してこの基準に該当する地生蘚苔類を明らかにした。次に、典型的な群落が形成されている地点において群落の大きさに従って20cm×20cmのコドラートを連続して設置し（ベルトトランセクト法）、出現種の被度（百分率）を記録した。蘚苔類の和名・命名者は岩月⁸⁾に従った。

(2) 地生蘚苔類群落内の環境条件

各地生蘚苔類の生育環境条件を把握するため、地生蘚苔類群落上に連続して設置した各コドラート（20cm×20cm）において、6項目の環境条件（相対日射量・水分蒸発量・土壌含水量・土壌硬度・土壌pH、草本被度）を計測、記録した。相対日射量・水分蒸発量・土壌含水量・土壌硬度・土壌pHについては、蘚苔類生育環境の光条件や湿度条件の特徴を最も表していると考えられた真夏日・晴天（最高気温30°C以上、最低気温25°C以上）が続いた

受理日 2010年12月10日

採択日 2011年1月24日

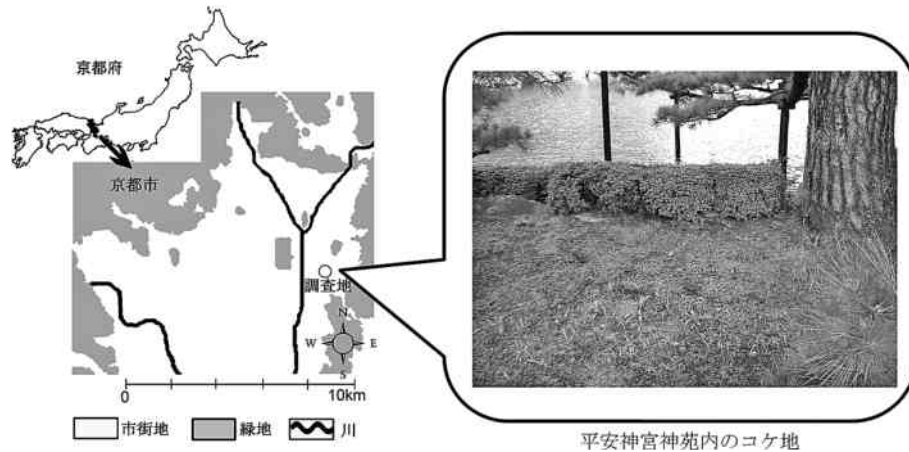


図1 調査地

Fig.1 Study site

2005年7月上旬に行った。土壌含水量については、降雨の2日後に測定した。微環境条件の測定については3反復行い、解析には平均値を使用した。また、草本被度については年間を通して、各コドラートにおける草本の最大被度（百分率）を記録した。

(3) 環境条件の計測

日射量は簡易日射量測定システム（オプトリーフ R-2D：大成イーアンドエル製，T-Meter THS-470：大成イーアンドエル製）を用いて測定し，全天下における日射量100%として相対値に換算した。水分蒸発量は水を含ませたチョークを藓苔類群集上に放置し，一定時間後の蒸発量をチョークの重量測定によって推定した⁹⁾。土壌含水量は採集した土壌を100°Cで一昼夜乾燥させてその重量変化を測定し，土壌の乾燥重量1gあたりの土壌含水量を計算した¹⁰⁾。土壌硬度は山中式土壌硬度計（株式会社藤原製作所）によって測定した。土壌pHはポータブル土壌pH/硝酸/Eh計PRN-41（株式会社藤原製作所）を用いて測定した。

(2) 地生藓苔類群落周辺の庭園環境

今回の環境条件の計測については，一部を除いて夏季の数日間に行われたものであり，藓苔類生育環境の一面を測定したにすぎない。そのため，各環境条件と定性的な庭園環境との関連づけを試み，計測値の妥当性についても検証を行った。

本研究で記録した庭園環境は，樹林タイプ，起伏，管理頻度である。樹林タイプについては，調査対象となる地生藓苔類群落を中心とする半径5mの円内の樹木被覆率に従って「開放地（樹木被覆率：0～5%）」「疎生林（樹木被覆率：5～30%）」「密

生林（樹木被覆率：31～%）」の3区分を設けた。起伏については，築山などの「凸地」，雨天時に水が溜まる「凹地」，それ以外の「平坦地」に区分し，管理頻度については，管理者への聞き取りと調査地の状況に基づいて，掃除（除草など）が頻繁に行われている場所を「綿密管理」，ほとんど行われていない場所を「粗放管理」として区分した。微地形・管理頻度については地生藓苔類群落上の区分を記録した。

(5) 藓苔類種組成パターンと環境条件との関係

種組成変化の全体的なパターンを把握するため，コドラート内で生育が確認された藓苔類について，Detrended Correspondence Analysis (DCA) による序列化を行った。DCAは環境要因相互が連関している場合，蹄鉄効果により誤った結果を示すことがあるため¹¹⁾，DCAにあわせてCAも併用し，前者の解析手法の妥当性を確かめて解析を行った。この解析には，PC-ORD Windows版 version4¹²⁾を用いた。設定はDownweight rare species；Rescale axes；Threshold rescaling=0；Number of segments=26（デフォルト設定）とし，出現頻度が2以下の種は分析からはずした。

DCA軸による藓苔類種組成変化の説明力については，after-the-fact coefficient of determinationによって評価した¹²⁾。DCAの各軸の固有値はそれぞれの軸の説明力を示さない。そこで，この手法では，元のデータにおける全てのサンプル間の相対ユークリッド距離が，DCAによって序列化された空間でどの程度再現されているかをDCA軸の説明力の指標としている^{12,13)}。

DCA結果の解釈には，環境条件の計測値とDCA

表1 各調査区の地生蘚苔類と庭園環境

Table 1 Ground cover mosses and garden environments in each plot

調査区	樹林 タイプ	起伏	管理	主な地生蘚苔類 (優占種上位2種)	その他の出現種
A	開放地	平坦地	粗放	エゾスナゴケ，ハイゴケ	ウマスギゴケ，ナガヒツジゴケ
B	疎生林	平坦地	綿密	エダツヤゴケ，クサゴケ	ウマスギゴケ，ナガヒツジゴケ，ハイゴケ
C	疎生林	凹地	粗放	ヤノネゴケ，エダツヤゴケ	ナミガタタチゴケ，コバノチョウチンゴケ，ツクシウロコゴケ
D	疎生林	平坦地	綿密	ウマスギゴケ，ハイゴケ	ホソバオキナゴケ，エダツヤゴケ
E	疎生林	凸地	粗放	ホソバオキナゴケ，ハイゴケ	ウマスギゴケ，エダツヤゴケ
F	密生林	凸地	粗放	コバノチョウチンゴケ，アカイチイゴケ	ナミガタタチゴケ，オオスギゴケ ヤバネゴケ，ウロコゴケ，ツクシウロコゴケ
G	密生林	凸地	粗放	ホソバオキナゴケ コバノチョウチンゴケ	ナミガタタチゴケ，ケヘチマゴケ，エダウロコゴケモドキ，ヤバネゴケ

軸との Pearson の積率相関係数の値，および各 DCA 軸に沿った庭園環境の変化を参考にした。

3. 結 果

3.1 地生蘚苔類調査結果

調査地全体からは102種の蘚苔類の生育が確認された。この102種の蘚苔類の中で，9種の蘚苔類が本研究の対象となる「庭園景観上，重要な地生蘚苔類」に該当した。この9種の蘚苔類とは，ウマスギゴケ (*Polytrichum commune* Hedw.)，ホソバオキナゴケ (*Leucobryum juniperoideum* (Brid.) Mull. Hal.)，エゾスナゴケ (*Racomitium japonicum* (Dozy & Molke.) Dozy & Molke.)，コバノチョウチンゴケ (*Trachycystis microphylla* (Dozy & Molke.) Lindb.)，ヤノネゴケ (*Bryhnia novae-angliae* (Sull. & Lesq.) Grout) ，エダツヤゴケ (*Entodon flavescens* (Hook.) A. Jaeger) ，ハイゴケ (*Hypnum plumaforme* Wilson) ，アカイチイゴケ (*Pseudotaxiphyllum pohliaecarpum* (Sull. & Lesq.) Z. Iwats.) ，クサゴケ (*Callicladium haldanianum* (Grev.) Crum.) であった。

調査地全体を踏査した結果，この9種の地生蘚苔類の典型的な群落が見られる場所として7地点（調査区A～F）が選択された（なお，調査区には2種以上の地生蘚苔類が混生しているものも含んでいる）。そこで，この7地点において，それぞれの群落の大きさに従って6～9個のコドラート（合計48個）をベルト状に設置したところ，全調査区からは上記の9種以外に8種の蘚苔類：ナミガタタチゴケ (*Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv.) ，オオスギゴケ (*Polytrichum formosum* Hedw.) ，ケ

ヘチマゴケ (*Pohlia flexuosa* Hook.) ，エダウロコゴケモドキ (*Fauriella tenuis* (Mitt.) Card.) ，ナガヒツジゴケ (*Brachythecium buchananii* (Hook.) A. Jaeger) ，ヤバネゴケ (*Cephalozia otaruensis* Steph.) ，ウロコゴケ (*Heteroscyphus argutus* (Reinw., Blume & Nees) Schiffn.) ，ツクシウロコゴケ (*Heteroscyphus planus* (Mitt.) Schiffn.) の生育も確認された。表1にこれらの調査区A～Fの庭園環境，および出現した蘚苔類種を示した。

3.2. DCA による調査地・蘚苔類種の序列化

(1) DCA 結果

出現頻度が2以上であった13種を用いてDCAを行った結果，第1軸だけでDCA空間におけるサンプル間の相対ユークリッド距離と元のデータにおけるサンプル間のユークリッド距離との相関係数の2乗は40.6%に達した。さらに，第2軸を加えると58.0%まで増加したが，第3軸を加えても66.1%までしか増加しなかった。そこで，以下の分析ではDCA第2軸までを利用することとした。DCAとCAの第1軸，2軸の Pearson の積率相関係数について，その絶対値はいずれも0.95を越えていた。

(2) 調査区の序列

調査区のDCA結果を図2に示した。DCA 1軸は，座標値456の地点で，開放地・疎生林下の調査地（調査区A，B，C，D，E）と，密生林下の調査地（調査区F，G）にほぼ分割された。DCA 2軸については，DCA 2軸上方（座標値257以上）には粗放管理（調査区A，E）が配置し，その一方，DCA 2軸下方（座標値150以下）には綿密管理（調

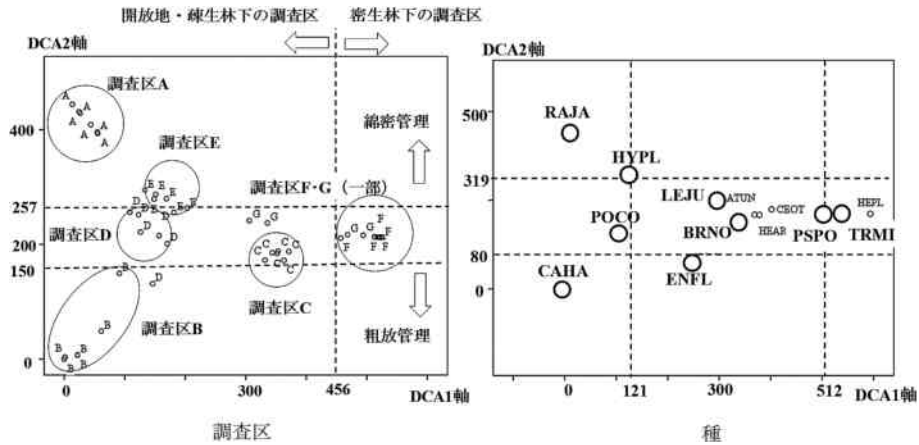


図2 DCA結果(1軸と2軸)

Fig.2 DCA results (Axis 1 vs. Axis 2)

種名略号

ATUN: ナミガタタチゴケ, BRNO: ヤノネゴケ, CARA: クサゴケ, CEOT: ヤバネゴケ,
 ENFL: エダツヤゴケ, HEAR: ウロコゴケ, HEPL: ツクシウロコゴケ, HYPL: ハイゴケ,
 LEJU: ホソバオキナゴケ, POCO: ウマスギゴケ, PSPO: アカイチイゴケ,
 TRMI: コバノチョウチンゴケ, RAJA: エゾスナゴケ

表2 DCA軸と環境条件との相関

Table 2 Correlations between DCA axes and environmental variables

	DCA 1軸	DCA 2軸	相対日射量	水分蒸発量	土壌硬度	土壌含水量	土壌 pH	草本被度
DCA 1軸	1.00							
DCA 2軸	-0.03	1.00						
相対日射量	-0.62**	0.62**	1.00					
水分蒸発量	-0.87**	0.28	0.71**	1.00				
土壌硬度	-0.57**	-0.24	0.43**	0.41**	1.00			
土壌含水量	0.38**	0.15	0.07	-0.16	0.08	1.00		
土壌 pH	-0.16	0.00	0.33	0.20	0.30*	0.49**	1.00	
草本被度	-0.02	0.62**	0.47**	0.22	-0.07	0.26	0.44**	1.00

Pearson product-moment correlation coefficient **... $p < 0.01$, *... $p < 0.05$

査区B) が配置した。

(3) 種の序列

出現種の DCA 結果について (図2), DCA 1軸上方 (座標値512以上) にはアカイチイゴケ (PSPO), コバノチョウチンゴケ (TRMI) などが配置し, DCA 1軸下方 (座標値121以下) にはエゾスナゴケ (RAJA), ハイゴケ (HYPL), ウマスギゴケ (POCO) が配置した。DCA 2軸に関して, DCA 2軸上方 (座標値319以上) にはエゾスナゴケ (RAJA), ハイゴケ (HYPL) が配置し, DCA 2軸下方 (座標値80以下) には, クサゴケ (CAHA), エダツヤゴケ (ENFL) が配置した。

(4) DCA 序列軸と環境条件, および環境条件間の相関関係

表2に DCA 軸と環境条件, および環境条件間の Pearson の相関係数について示した。DCA 1軸は, 水分蒸発量と強い負の相関 ($r = -0.87$) があり, 相対日射量ともやや強い負の相関 ($r = -0.62$) があつた。また, この2つの環境条件間には強い正の相関 ($r = 0.71$) がみられた。DCA 2軸については, 相対日射量・草本被度とやや強い正の相関 ($r = 0.62$, $r = 0.62$) があつた ($r = 0.47$)。

4. 考 察

4.1 DCA 結果の解釈

DCA と CA の序列軸間に高い相関関係があったことから、本解析への DCA の適用は妥当であったと考えられる。そこで、DCA 軸に沿った環境条件および庭園環境タイプの変化に基づいて DCA 結果の解釈を行う。

DCA 1 軸と強い負の相関があった水分蒸発量・相対日射量について、この 2 つの環境条件間には強い正の相関がみられたことから、水分蒸発量の増減は相対日射量の変化に伴った現象⁹⁾であったと考えられる。DCA 1 軸に沿って樹林タイプが開放地から密生林へと変化することも考慮すれば、DCA 1 軸は「樹林タイプと関連する相対日射量を表す軸」と解釈される。

次に、DCA 2 軸については、草本被度とやや強い正の相関があり、DCA 2 軸に沿って除草等の管理頻度が変化する傾向もみられた。このことから、DCA 2 軸は「管理頻度と関連する草本被度を表す軸」と考えられる。

ここで、DCA 1 軸の説明力が特に高かったことから、樹林タイプと関連する日射量は地生蘚苔類の分布を決定する重要な要因であると推察される。この理由としては、1) 光条件は蘚苔類の生育分布を決定する主要な環境要因の一つであること¹⁴⁾、2) 光条件は蘚苔類の分布と関連する空中湿度条件¹⁴⁾とも高い相関があり、蘚苔類の生育環境を特徴づける総合的な指標となっていること、3) コケ地への立ち入りが制限されている日本庭園では踏圧や攪乱などが地生蘚苔類群落へ与える影響が小さく、その結果、相対的に光条件の影響が大きくなること、が考えられる。

4.2 地生蘚苔類の維持・管理

以上の結果・考察に基づき、「樹林の管理による日射量の調整」「除草による草本被度の抑制」に着目して、各地生蘚苔類の管理手法について考察する。まず、DCA 1 軸に着目すると、開放地～疎生林下に出現したエゾスナゴケ、ハイゴケ、ウマスギゴケについては、成長した樹木の刈り込みや剪定等による光環境の維持が必要であると考えられる。しかしその一方で、密生林下に出現したコバノチョウチンゴケやアカイチイゴケについては、林冠の開放は生育環境の悪化につながる可能性があり、注意すべきであろう。この樹林管理は地生蘚苔類の分布に大きな影響を与えるため、特に慎重に行なう必要がある。

次に DCA 2 軸に着目すると、エダツヤゴケ・クサゴケ群落の維持には除草などの管理が必要になる

ことが示唆されている。これは、この 2 種は生育基物に密着して生育するために植物体が低く、草本被覆の影響を受けやすいためであると推察される¹⁴⁾。

4.3. 今後の研究に向けて

日本庭園の環境は蘚苔類の生育に適しており、コケ地景観の発達しやすい環境であることが報告されている²⁾。このコケ地景観の維持には庭園の管理が重要な役割を果たしており、中でも樹林管理による光条件の調整は地生蘚苔類の分布を決定する主要な環境要因であることが明らかになった。本研究で解析対象とした種は日本庭園の代表的な地生蘚苔類であることから、ここで得られた研究成果は、他庭園の地生蘚苔類の維持管理の参考になるだろう。さらに、より多くのデータを用いて各環境条件と地生蘚苔類との関係を明らかにすることで、対象とする地生蘚苔類の生育を促進するための定量的な庭園環境を提案できることも期待される。

5. 謝 辞

本調査を進めるにあたり、調査に同行して頂いた滋賀植物同好会の方々、日本蘚苔類学会会員の木村全邦様、道盛正樹様、ならびに調査に快くご協力を頂いた本多和夫禰直をはじめとする平安神宮関係者の方々など、非常に多くの方に協力して頂きました。なかでも滋賀植物同好会の和田義彦様、および京都府立大学の栗山佳織様には特にお世話になりました。

調査にご協力・ご指導してくださった方々に、心より御礼申し上げます。

6. 引用文献

- 1) 安藤久次 (1992)：コケのシンボリズムIV, 日本蘚苔類学会会報5(11), 179-184.
- 2) 石川 格 (1974)：庭園と蘚苔類(2), HIKOBIA 7 (1-2), 65-78
- 3) 大石鉄朗 (1981)：コケづくり, ひかりのくに株式会社, 96pp
- 4) 平安神宮百年史編纂委員会 (編) (1997)：平安神宮百年史, 平安神宮, 526pp
- 5) 重森三玲・重森完途 (1971)：日本庭園史体系 現代の庭 (一), 社会思想社, 182pp
- 6) 国立天文台 (2005)：理科年表2005, 丸善, 1015 pp
- 7) 宮脇 昭 (1984)：日本植生誌 近畿, 至文堂, 596pp

- 8) 岩月善之助 (編) (2001) : 日本の野生植物 コケ, 平凡社, 351pp
- 9) 埴田 宏 (1978) : コケの生育環境測定法 2. 簡単な蒸発計の工夫, 蘚苔類学会会報 2(6), 77
- 10) 埴田 宏 (1980) : コケの生育環境測定法 3. 土壌の pH と含水率, 蘚苔類学会会報 2(9), 123-124
- 11) Jongman, R. H. G, Ter Braak, C. J. F. & Van Tongeren, O. F. R. (1987) : Data analysis in Community and landscape ecology, Cambridge University Press, 299pp
- 12) McCune, B. & Mefford, M. J. (1999) : PC-ORD-Multivariate analysis of ecological data Version 4, MjM Software Design
- 13) 加藤和弘 (2000) : 河川における付着珪藻群集の多様性と水域形状の関係, ランドスケープ研究63(5), 523-526
- 14) Bates, J.W. (1998) : Is "life-form" a useful concept in bryophyte ecology?, Oikos 82, 223-237
-

Methods for Maintenance of Ground Cover Mosses in Japanese Gardens

Yoshitaka OISHI

*Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

Summary

Bryophytes, particularly mosses, are one of the most important ground cover plants in Japanese gardens. The purpose of this study is to propose maintenance methods for these bryophytes based on the relationship between ground cover mosses and environmental factors. A Japanese garden in Kyoto city was selected as the study site. Using the belt transect method, 48 quadrats (20 cm × 20 cm) were established to investigate the influence of environmental factors on 9 species of major ground cover mosses. The environmental factors measured were as follows: solar radiation, water evaporation, soil hardness, soil water content, and soil pH. Detrended correspondence analysis indicated that the distribution of ground cover bryophytes was determined mainly by solar radiation, followed by grass cover. These environmental factors were related to tree coverage and weeding intensity, respectively. These results suggest that maintenance such as pruning of overgrown trees and daily weeding are important for ground cover mosses.

Key word : bryophyte, Heian Jingu Shrine, Japanese gardens, ground cover plant, maintenance