

人工酸性液による蘚苔類の酸感受性試験

菅 邦子 大橋 毅

1 はじめに

蘚苔類は、他の高等植物と違って根がなく、栄養塩類は主として直接大気中の水分（雨水、霧、露等）から葉の細胞に吸収される。このため、蘚苔類は他の高等植物より大気及び雨水の成分による直接的な影響を受けやすいといわれている^{1), 2)}。しかし、酸性雨に対する蘚苔類の感受性については、特定の種を除きあまり検討されていない^{3), 4)-6)}。ここでは、酸性雨の影響を受けやすい蘚苔類を探ることを目的とし、都市近郊で見られる33種の蘚苔類について酸に対する感受性テストを実施した。

2 実験方法

(1) 試料

都内及び近郊の山間部に生育する蘚苔類を採取、洗浄し、新鮮なシュートを3本から5本切り取りテスト試料とした。試料は試験溶液中に浸せきして、1日後から7日後まで観察した。なお、試料には水に浮きやすいものがあったが、シュートに付着している小さな気泡を取り除き、十分浸せき液中にひたるようにした。なお、蘚苔類のべ数は70試料、計33種であった。

(2) 容器

透明スチロール製の容器を用いた。大きさは84×172×40mm、及び155×215×35mmで、中仕切りを用いてそれぞれ6区画、12区画に区分した。中仕切りには蘚苔類のシュートが移動しない程度のすき間をあげ、区画ごとにpH等の液性が変わらないようにした。液量はいずれの容器でも一試料につき5mlとした。

(3) 人工酸性液

硫酸でpH 2.0, 3.0, 4.0の溶液を作成した。コントロールは、イオン交換水及びクノッブ培養液の10%希釈液を用いた。

(4) 実験期間と温度及び照度

実験期間は、1991年3月から11月で、その間の温度及び照度は表1のとおりである。途中で室内実験からインキュベーター内実験に切換えたので条件に若干の幅がある。

表1

	室内実験		インキュベーター実験	
	平均	範囲	昼夜切替え	
温度 ℃	21	27 ~17	昼22 夜18	
照度 lx	2400	1400~ 3100	2800 (平均)	2300 ~ 3500

注：昼夜切替えは12時間サイクル（6:00, 18:00）

(5) 観察及び評価方法

高等植物では、可視被害の評価の他、生長解析やクロロフィル量、光合成活性等の生理・生化学的手法を用いて評価することが一般的である。最近、蘚苔類でもこのような手法が導入されてきたが⁸⁾、試料の量が少ないこともあり、今回は3段階の酸処理による可視被害の発現を評価するにとどめた。

観察は、実体顕微鏡（10-20倍）を使用して可視被害の有無や程度について、浸せき1日後から7日後まで行った。

被害の大きさは、

- ① 被害株率（被害が出た株数/全株数）
- ② 生長点枯死率（生長点が枯死した株数/被害株数）
- ③ 被害面積率（累計被害面積/全株数）

で表し、酸に対する感受性の評価区分は、表2に基づいて行った。

被害面積率はランク付のときの参考として利用した。

3. 実験結果

(1) 被害の経時変化

試料のシュートを浸せきし1日、3日、7日、10日後に、被害株率や生長点枯死率の変化をみた。その結果、pH 2、pH 3では翌日に大部分の種で明確な被害が現れたが、3日後、7日後でも症状及び被害の程度に大きな変化はなかった。

表2 藓苔類の酸 (pH) 感受性区分

大 ← 感受性 → 小			
4	3	2	1
pH 4 以上で	pH 3 以上で	pH 2 以上で	pH 2 で
被害あり	被害あり	被害あり	被害無

実際の酸性雨の pH からみて重要と考えられる pH 4 では、pH 3 以下に比べ、やや遅れて被害が現れ、3日後に症状が安定する種が多かった。4日後に被害が現れない種では、そのほとんどが7日後にも被害が出現しなかった。そこで、浸せきしてから3日後に感受性を評価することとした。

(2) 被害症状の特徴

人工酸性液浸せき後に現れる主な症状は、葉緑体の消失(クロロシス)で、普通白色～黄白色となった。トヤマシノブゴケなどいくつかの種では生長点に被害が現れる場合が多く、一般的に藓苔類は生長点の酸に対する感受性(酸感受性)が高いといえそうである。ツルチョウテンゴケやホウオウゴケの仲間では、はじめに葉に被害が現れたり、生長点と葉の両方に同時に被害が現れることがあった。

なお、上記の3つの被害評価方法のうち、被害葉率と生長点枯死率は、ほとんど同じ様な結果となった。従って、簡便には、被害部位に関係なく被害の有無を観察する方法が实际的であると思われる。

(3) 浸せき状態、栄養塩類の有無等の影響

完全な浸せき状態は、水中に生育する一部の藓苔類を除き、野外での実際の生育条件とは異なる。しかし、トヤマシノブゴケは浸せき状態でも、少なくとも数か月間は生長し続けていたことが確認された。種によって異なる

と思われるが、数日の浸せき条件は藓苔類にとって大きな問題ではないように見受けられた。

コントロールのイオン交換水や10%クノップ溶液でも、生長点や葉にクロロシスが現れることが数回認められた。いくつかの特定の種に現れやすく、採取時期による活力の低下、菌類の繁殖などが考えられる。また、本実験ではコントロールとしてイオン交換水とともに10%クノップ溶液を用い栄養塩類の有無の影響を比較検討したが、短期間では両者の結果にはほとんど差がなかった。

(4) 浸せき液の pH 変化

コントロール(イオン交換水)や pH 4 の浸せき液では、藓苔類の光合成などにより浸せき後の時間経過による pH の変動が予想された。7日後にチェックしてみると pH 2、pH 3 では変化がなかったが、pH 4 では 0.3 から 1.0 程度の上昇が見られた。特に7日後のイオン交換水では pH が上昇する傾向がみられた。このように pH 4 及びコントロールでは浸せき後 pH が上昇する傾向が見られたが、浸せき液を交換することはしなかった。

(5) 総合評価

被害の観察、評価にあたっては、種による形態の相違

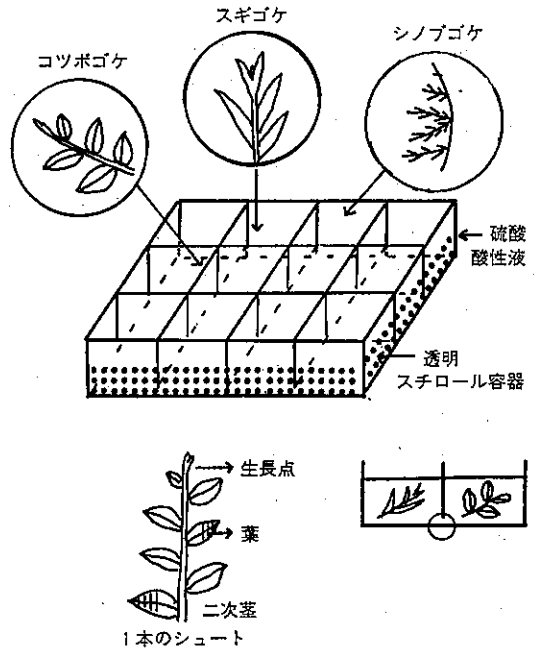


図1 浸せき実験の概要

表3 蘚苔類の酸に対する感受性

	被害株率平均			回数割合%			酸感受性
	PH2	PH3	PH4	pH2	pH3	pH4	
ヒナノハイゴケ	1.00	1.00	0.67	100	100	100	4
ケチョウチンゴケ	1.00	1.00	0.67	100	100	100	4
コモチイトゴケ	0.83	0.67	0.36	100	100	67	4
シノブゴケSP	1.00	0.53	0.18	100	67	50	4
ハイゴケ	1.00	0.31	0.13	100	100	33	4
キヨスミイトゴケ	1.00	0.66	0.11	100	67	33	4
コバノチョウチンゴケ	0.70	0.13	0.22	100	33	33	4
ヒロハツヤゴケ	1.00	1.00	0.12	100	100	17	4
トヤマシノブゴケ	1.00	0.69	0.06	100	100	17	4
トサカホウオウゴケ	1.00	1.00		100	100		3
マルバハネゴケ	0.75	0.60		100	100		3
ヒメシノブゴケ	1.00	1.00		100	100		3
ハネヒツジゴケ	1.00	0.50		100	100		3
サヤゴケ	1.00	0.78		100	100		3
コホウオウゴケ	1.00	1.00		100	100		3
スギゴケ	1.00	0.33		100	100		3
ツルチョウチンゴケ	1.00	0.67		100	67		3
コツボゴケ	1.00	0.39		100	50		3
ヒムロゴケ	1.00	0.17		100	50		3
オオカサゴケ	1.00			100			2
セイタカチョウチンゴケ	1.00			100			2
ヤマコスギゴケ	0.25			100			2
コムチゴケ	0.25			100			2
タチゴケ	0.50			100			2
ヒメハイゴケ	0.63			100			2
カガミゴケ	0.40			100			2
ヒノキゴケ	0.50			50			2
ヒシヤクゴケ							1
ホソバオキナゴケ							1
チャボスギゴケ							1
フデゴケ							1
アラハシラガゴケ							1
ギボウシゴケ							1

(注) 空欄は被害なし

が問題となった。例えば、枝が多数に分かれて多くの小さな葉をつけるものから、数枚の大きな葉しかないものもあり、生長点が葉に隠されて見にくいものもあった。これらを一律の基準で厳密に評価、比較することはできなかった。pH ごとの可視被害の出現頻度及び被害株率、生長点枯死率を一覧表にし、総合評価をすることとした。表3にその結果を示した。また以下に、結果の特徴を列挙した。

ア 生活型による酸感受性の違い

藓苔類は生活型から立つコケと這うコケに大きく区分される。生活型の違いからみると明らかに這うコケのほうが立つコケより酸感受性が高かった。這うタイプの藓苔類は外観上も葉が扁平で軟らかいのに対して、立つタイプの藓苔類は葉が線形で硬くしっかりしている。さらに、這うコケは水になじみやすいのに対して、立つコケはやや水に濡れにくいという傾向がみられた。これらの違いが酸に対する感受性に関係がありそうである。

イ 採取地点による感受性の相違

採取地点による酸感受性の違いを明らかにするため、表4の4地点で採取したトヤマシノブゴケを用いて比較した。生長点枯死率では、1例を除いてpH 4では被害がなく、pH 3で被害が認められ、トヤマシノブゴケの採取地点による酸感受性には大きな差が見られなかった。被害株率では生長点枯死率ほど明確な傾向は認められなかった。なお、採取時期は1例を除き10~11月であり、データのばらつきが採取時期によるものとは認められなかった。

ウ スギに着生する藓苔類の酸感受性

スギの樹皮や樹幹流のpHは、佐々⁷⁾が測定しているように、pH 3.5~4と樹木の中で最も低い。立つコケの中でも、スギの樹皮によく着生しているホソバオキナゴケやアラハシラゴケは、本実験中、最も耐酸性がある藓苔類であった。一般に藓苔類は細胞層が一層のものが多く、シラゴケの仲間は複層で、外側に透明な細胞があり、その内側にある葉緑素を含む細胞を保護する構造を持っている。これらの藓苔類は構造的に耐酸性が高いと解釈できる。

藓苔類のコムチゴケは本実験では耐酸性があるとされたが、野外でもスギによく着生しており、実験結果と合致していた。コムチゴケは前記のホソバオキナゴケ等とは異なり、一細胞層で耐酸性の理由は細胞構造に由来するとは言えず、耐酸性の理由は不明である。

エ 野外分布と酸感受性

ヒナノハイゴケは街路樹のようなホコリが多い場所の広葉樹上、又はコンクリートの壁面に生育するとされており⁸⁾、本実験結果でも酸に対する感受性が高かった。ヒナノハイゴケの分布及び出現率の今後の推移については、環境の酸性化及び都市の乾燥傾向にともなうアルカリ化という観点からも検討する必要がある。

上記の両調査に共通して出現率が高かったコモチイトゴケは、東京都のスギ樹幹にはほとんど着生していない。しかし、清浄地域ではスギにもよくみられ、スギの樹幹流pHと着生の関係など興味深いところである。

表4 トヤマシノブゴケの採取地点と酸感受性比較

都県名	地点名	被害株率				生長点枯死率				採取時期
		pH 2	pH 3	pH 4	10%クノッ	pH 2	pH 3	pH 4	10%クノッ	
1 東京	高尾	1.00	0.33	0	0	1.00	0.33	0	0	5月
2 東京	高尾	1.00	0.75	0	0	1.00	0.50	0	0	11月
3 東京	高尾	1.00	0.60	0.40	0	1.00	0.20	0	0	11月
4 東京	高尾	1.00	1.00	0.50	0	1.00	1.00	0.50	0	11月
5 神奈川	大雄山	1.00	0.80	0.80	0	1.00	0.80	0	0	10月
6 九州	鶴ヶ峰	1.00	1.00	0	0	1.00	1.00	0	0	11月
7 九州	耶馬溪	1.00	0.75	0	0	1.00	0.75	0	0	11月
8 九州	耶馬溪	1.00	0.75	0	0	1.00	1.00	0	0	11月

4 おわりに

蘚苔類は、種としての固有の特性を複雑な生育環境に適応させ、様々な条件下に生育している。本実験では、こうした蘚苔類を突然実験室内に持込み、水浸状態という不自然な条件下で酸に対する反応を見た。室内実験結果が直ちに野外に適応できるとは考えられないが、このようなモデル実験においても、蘚苔類の酸 (pH) に対する特性について、野外の生育条件と矛盾しないケースがいくつか確認された。

今後は、樹皮及び樹幹流の pH と蘚苔類着生の関係を調べることにより、蘚苔類の酸に対する感受性の違いを利用して、環境の酸性化に対する感度良い調査手法が可能かどうかを検討していきたい。

参考文献

- 1) 光木 偉勝, 中川 吉弘, 高田 亘啓: 着生植物の大気汚染指標性について—汚染物質とIAP値との相関性—, 大気汚染学会誌, 13, 1, p.26-33 (1978).
- 2) 埜田 宏: 大気汚染物質が蘚苔類に与える影響 I. 亜硫酸ガスに対する耐性, ヒコビア, 6, 3-4, p.238-250, (1973).
- 3) 清水 英幸, 竹内 裕一, 佐竹 研一, 古川 昭雄, 戸塚 績: 蘚苔類の生長と生理機能に関する研究 (2) 数種蘚苔類の光合成特性, 日本蘚苔類学会会報, 3(7), p.107-108 (1983).
- 4) 光木 偉勝, 中川 吉弘: 着生せん苔類胞子の発芽生長試験による雨水大気汚染物質の評価, 大気汚染学会誌, 17, 4, p.304-311 (1982).
- 5) 菅 邦子, 大橋 毅, 古明地 哲人, 小山 功: 小型指標植物による複合汚染の評価—降水によるゼニゴケ無性芽の生長(1)—, 東京都環境科学研究所年報 1990, p.80-83 (1990).
- 6) R.P.Sheridan, R.Rosenstreter: The Effect of Hydrogen Ion Concentrations in Simulated Rain on the Moss *Tortula ruralis* (Hedw.) Sm., *Bryologist*, 76, p.168-173 (1973).
- 7) 佐々 朋幸, 後藤 和秋, 長谷川 浩一, 池田 重人: 盛岡市周辺の代表的森林における林外雨, 林内雨, 樹幹流の酸性度ならびにその溶存成分—樹種による樹幹流の pH 固有値—森林立地, 32, 2, p.43-58 (1990).
- 8) 埜田 宏: 環境汚染と指標植物, 共立出版 (1975).