

小型指標植物による複合影響の評価

— 降水によるゼニゴケ無性芽の生長 (1) —

菅 邦子 大橋 毅 古明地 哲人
小山 功

1 はじめに

野外の大気環境を評価するために、空気浄化法 (FAC 法) を用いて可視被害の程度や生長を比較する方法が種々の植物について行われている。埜田らは小型FACを用いて、せん苔類を利用した都市環境の評価を試みている。^{1), 2), 3), 5)}

一方、都市環境を総合的に評価する際には、光木らも指摘しているように大気汚染だけではなく、雨水や霧中に溶解している汚染物質を考慮する必要がある。

降水中の化学成分による影響評価には、シダ及びせん苔類胞子の発芽や、アオウキクサの生長を利用する試みがある。これらの中でも主に降水から水分や栄養分を得ているせん苔類を利用することは非常に有効と考えられる。ここでは試料採取が容易で、均質細胞からなるゼニゴケの無性芽の生長を利用して降水を評価するための基礎的な検討を行った。

2 実験方法

(1) ゼニゴケの育成

均質な無性芽細胞を得るためゼニゴケの採取場所を特定した。採取したゼニゴケはプランター内の黒土に移植し、空気浄化室で育成した。

(2) 無性芽の試料採取とセット

実験に供する無性芽は、図1に示すように実験直前に子器をメスで切り取り、イオン交換水を入れたガラス容器内にピンセットで振り落とすようにして採取した。その後、小型シャーレ (直径3.5cm) に4 mlの降水サンプルを入れ、その水面に小筆を用いて約30個体ずつ浮かせた。更に小型シャーレ内の水分の蒸発を抑えるため、この小型シャーレを水を張った大型シャーレに入れて蓋をし、インキュベーター (温度20°C、湿度85%) に入れて5日間育成した。

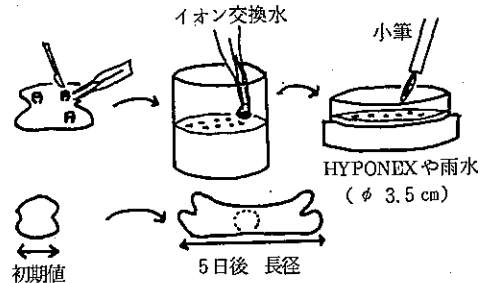


図1 ゼニゴケ無性芽のセットと計測

(3) 光量の調節

調光ランプ付きのインキュベータを用いて光量を一定に調節し、インキュベータ内に段差を設けて同時に4段階の照度 (2000-8000 lux) を設定した。同一照度のときは位置を固定して実験した。

(4) 無性芽の生長の計測

無性芽の生長量の計測には実体顕微鏡を用いた。概略は図1に示したとおりである。なお、水面に浮遊させた無性芽は移動するのでそのままでは顕微鏡観察が難しいため、無性芽が乾燥しない程度にシャーレ内の液を除去し、その動きを抑えた。生長の初期値及び最終値は、横堀らの方法に従って、計測値の大きい方から10個体の平均値とした。

(5) 雨水成分の分析

無性芽の生長影響をみるために、初期1 mm降雨ごとに降水を採取し、pH, EC, SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- の各項目を測定した。

降水の採取は東京都庁第2庁舎屋上 (千代田) で行った。

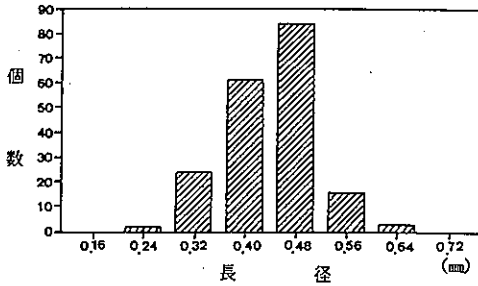


図2 ゼニゴケ無性芽の大きさの頻度分布

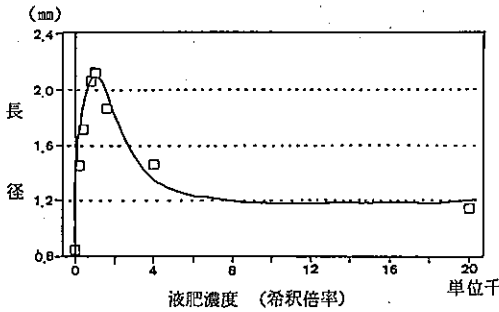


図3 液肥濃度と生長(5日後)

3 結果

(1) ゼニゴケ無性芽の大きさの分布

図2のように、初期値は189個体の平均値で0.48mm、変動係数0.15で、そのばらつきは小さくおよそ正規分布をとることが確認された。

(2) 液肥濃度と生長の関係

無性芽の生長の最適な液肥濃度を知るために、Hyponex 液肥 (N:P:K=5:10:5) の200-20000倍までの7

表1 光量と無性芽の生長

照度 lux		8000	6000	4000	2000
長径 mm	Hyponex	2.04	2.14	1.88	1.83
	イオン交換水1W	1.26	1.16	1.14	1.18
生長比 (Hypo/1W)		1.61	1.85	1.63	1.54

段階の希釈溶液を用いてイオン交換水を対照とし、5日間育成した。(インキュベーター内温度20℃、湿度85%、照度8000lux) その結果図3のように1000倍希釈液の生長が最も大きく対照の約2.5倍となり、希釈率が大きくなるにしたがって徐々に生長が悪くなる傾向がみられた。

なお、Hyponex液肥の1000倍希釈液の濃度は $K^+ : 109, Mg^{2+} : 0.5, NO_3^- : 35, SO_4^{2-} : 0.19 \mu g/ml$ であった。

(3) 光量と生長との関係

無性芽の光量による生長の差をみるために照度を2000-8000 luxの間で4段階に調節し、温度20℃で5日後の生長を調べた。その結果、表1のようにこの範囲では生長に大きな差がなかったため以後の光量は8000 luxとした。

なお、5日を過ぎると無性芽の分化が始まるので、生長量の観察期間は5日とした。

(4) 人工酸性液と生長

硫酸と硝酸でpH2.9-pH4.4までの酸性液を造り無性芽の生長を比較した。その結果、表2のようにすべての酸性液で発根がみられず、クロロシスの発生が観察された。クロロシスの発生率とpHとの関係を見ると、pH2.9-pH3.5の硝酸は実験開始後1日でクロロシス発生率が90%に達し、2日後には100%になるほど急激な変化を示した。pH4近くなると1日後のクロロシス発生率は

表2 人工酸性液によるクロロシス及び発根率の経時変化

	酸種 pH	対照	硝酸				硫酸				
			pH 2.93	3.47	3.96	4.43	2.88	3.27	3.70	4.43	
開始日	クロロシス発生率	0	1日後	96	93	41	17	100	98	70	10
	発根率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2日後	クロロシス発生率	0	100	100	94	30	100	100	66	10	
	発根率	84	100	0	0	0	0	0	0	0	
5日後	クロロシス発生率	0	100	100	100	100	100	100	100	100	
	発根率	100	100	0	0	0	0	0	0	0	

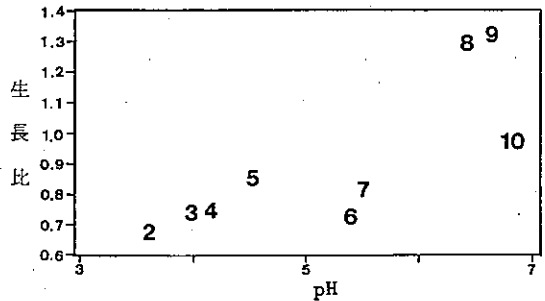
(注) 1W : イオン交換水, Hypo : Hyponex 1/20000希釈液

40%以下と低下したが、5日後にはいずれもクロロシス発生率が100%となった。なお、無性芽の生長はほとんど認められなかった。これらの傾向は硫酸希釈液でも同様であった。一方、対照として用いたHyponex溶液(pH 7前後)や、イオン交換水では2日後に発根率が80-100%と高かった。クロロシスは発生せず、生長が良好で初期値に比べてそれぞれ1.6倍、1.7倍の生長を示していた。これらの結果から低いpHが無性芽細胞を損傷しているものと見られた。

(5) 降水による無性芽の生長

昭和61年に千代田で採取した初期降水1mmの中でpH3.6-pH6.8までを適宜選択し、無性芽の生長を比較した。表3に降水のpHやNO₃⁻、SO₄²⁻濃度と無性芽の生長量及びクロロシス発生率等を示した。なお、使用した降水のpH、ECの値及びNO₃⁻、SO₄²⁻濃度間の関係を検討したところ都市部における一般的な初期降水といて差し支えないとみられた。5日後の対照(イオン交換水)の生長に対する各降水サンプルの生長比を図4に示した。概略的にみるとpHの低下とともに生長が抑圧される傾向を示していた。

なお、pHが7に近く良い生長を示した2つの降水についてその成分を比較したところ、4月15日の降水ではNO₃⁻、SO₄²⁻とも低くECの値も小さかったが(各々3.2 μg/ml, 5.4 μg/ml, 30.4 μS/cm)、8月4日の降水では、NO₃⁻、SO₄²⁻、ECとも高い値を示していた(各々22.1 μg/ml, 24.0 μg/ml, 164 μS/cm)。このこと



雨水採取月日：2=7.23, 3=6.3, 4=6.29, 5=7.5
6=7.7, 7=7.17, 8=8.4, 9=4.15, 10=3.14
対照値：5日後のIWの生長を1.0にする。

図4 降水のpHと生長

から8月4日の降水は4月15日の降水に比べ栄養塩類の濃度が高いと考えられるが、無性芽の生長は両者とも同程度の生長を示していた。

以上のように、①イオン交換水と硝酸または硫酸による酸性液との比較では、酸性液はpH 4程度でも無性芽の細胞にクロロシス等の損傷を与え、pHが低いほどその程度が激しいこと、②同程度のpHを示す酸性液と実際の降水との比較では、酸性液は①のように無性芽に明らかな損傷を与えるのに対し、降水では損傷の程度が低く、pHの低下に従って生長の抑制がみられたこと、③pHがほぼ7の降水のうち比較的清浄な降水と溶解成分が多い降水とを比較した結果、無性芽の生長に差がみら

表3 降水サンプルによる無性芽の生長

降水サンプル番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
採取月日		7/23	7/23	6/03	6/29	7/05	7/07	7/17	8/04	4/15	3/14		
降水の性質	pH	-	-	3.61	3.61	3.98	4.15	4.52	5.40	5.51	6.42	6.64	6.83
	EC μS/cm	-	-	211	211	141	100	170	38	100	164	30	77
	Cl ⁻ μg/ml	-	-	5.0	5.0	4.3	3.9	11.1	1.5	10.0	11.9	2.8	3.1
	NO ₃ ⁻ μg/ml	-	-	36.3	36.3	26.9	15.0	28.2	4.7	12.6	22.1	3.2	9.1
	SO ₄ ²⁻ μg/ml	-	-	15.0	15.0	17.3	12.4	25.9	7.1	13.1	24.0	5.4	13.3
無性芽の生長	10個平均 mm	1.47	1.75	1.02	0.99	1.09	1.11	1.26	1.07	1.20	1.91	1.96	1.44
	変動係数	0.06	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.06	0.11	0.07	0.10	0.07	0.06
	発根率 %	100	100	0	11	11	0	100	21	82	100	100	100
	クロロシス発生率 A %	0	0	92	100	50	63	69	92	100	90	25	24
	褐色斑発生率 B %	0	0	0	0	5	6	11	4	6	16	0	24
	A+B %	0	0	92	100	45	57	58	88	94	74	25	0

(注) A+B: クロロシス発生率+褐色斑発生率, Hyponex: 1/20000 希釈液

れなかったこと、などがわかった。

これらの結果から、降水のpHは、ゼニゴケの無性芽の生長に影響を与える大きな因子のひとつであることが明らかとなった。またpHが3～5の範囲で同じレベルのとき、無性芽に及ぼす影響の程度はその他の化学成分濃度によって異なる可能性があるとみられた。

なお、対照の取り方や計測値の平均方法等については更に検討する必要がある。今後、多様な降水を用いて無性芽の生長実験を行い、降水成分・pH等と生長との関係から降水を評価し、ハツカダイコン等の小型大気汚染指標植物との組合せによって、大都市の複合的大気汚染を生物影響の面から評価していくシステムを確立することが最終目標である。

参考文献

- 1) Taoda, H.: Bryo-meter, an instrument for measuring the phototoxic air pollution. *Hikobia* 6, p. 224-228 (1973).
- 2) 横堀 誠: せん苔類を利用した空気浄化試験法による大気汚染の測定, *日本生態学会誌* 28, p. 17-23 (1978).
- 3) 清水 英幸他: せん苔類による大気環境評価法の検討 - 2連式チャンバーを用いた実験装置の開発と性能の検討 - *日本せん苔類学会会報* 14, 10, p. 115-161 (1988).
- 4) 光木 偉勝, 中川 吉弘他: 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, (1982).
- 5) Yokobori, M. & Taoba, H.: Nachweis der phytotoxischen Wirkung von Luftverunreinigungen durch Messung der Reaktion von Bryophyten mit dem "Bryometer", *Staub-Reinhalte Luft*, 40, 11, p. 490-496 (1980).

1) Taoda, H.: Bryo-meter, an instrument for measuring the phototoxic air pollution. *Hikobia*