

葉状地衣類の大気汚染に対する指標性について

大橋泰浩 小鳥 居 哲 吉澤一家

Bio-indicator of Air Pollution by Foliose Lichens

Yasuhiro OHASHI, Satoshi KOTORI and Kazuya YOSHIKAWA

キーワード：山梨県、葉状地衣類、ウメノキゴケ、大気汚染、指標

地衣類は、菌類と藻類の共生体であり、樹木や岩石等に付着して生息する生き物である。形状によって、葉状地衣類、固着（痂状）地衣類、樹状地衣類の3種類に分類される。地衣類の一部には、大気汚染に対して敏感な種が存在することが知られており、葉状地衣類の一種ウメノキゴケは、大気中の二酸化硫黄濃度が年平均値0.02 ppm (ppmは、100万分の1) 以上の場所では個体が衰退すると報告されている¹⁾。また、神奈川県における調査で、窒素酸化物 (NO_x) 濃度の年平均値が0.022 ppm以上の地点にはウメノキゴケが生息していなかったことが報告されており²⁾、ウメノキゴケ等の葉状地衣類は、大気汚染に対する生物指標として有用であると考えられている。

山梨県衛生環境研究所では、平成25年度から平成26年度にかけて、山梨県における地衣類の分布を調査した。その結果、山梨県南部（吉田、都留、南部等）を中心にウメノキゴケ科の葉状地衣類が多く観察できた。また、各地点の葉状地衣類の種類や被度と近傍の環境大気常時監視測定局で得られた年平均値を比較した結果、二酸化窒素 (NO₂) の年平均値が高い地点では、葉状地衣類の種類や被度が少なく、葉状地衣類の被度とNO₂濃度は、逆相関の関係にあると推察された³⁾。さらに、平成28年度に実施した葉状地衣類の生息環境調査の結果、葉状地衣類の生育には、日当たりや水分、樹皮の状態等、大気汚染以外の環境要因が、複雑に関与していると示唆された⁴⁾。

そこで、葉状地衣類の大気汚染 (NO₂濃度) に対する指標性を再検討する目的で、平成29年度に山梨県内でNO₂濃度の常時監視を行っている測定局 (11局) 周辺において、葉状地衣類の被度を再調査するとともに、大気汚染以外の環境要因による影響を、幹の太さや樹皮の水分量を測定することにより、補正できないか検討した。

さらに、葉状地衣類の大気汚染に対する指標性を利用し、環境学習に活用することを目的として、樹木の幹に葉状地衣類が着生している割合（着生度）を、「被度レベル」で評価する方法を新たに考案した。被度レベルは、被度がどの範囲（レベル）にあるかを見ただけで推定する方法で、より簡便に評価できる。実際に葉状地衣類の着生度を評価した場合、どの程度のバラつきが生じるか確認するため、アンケート調査を実施した。

調査方法

1 測定局周辺における葉状地衣類の再調査

(1) 調査対象樹木及び調査実施地点

調査対象樹木は、これまでの調査^{3,4)}と同様に、ソメイヨシノとし、特に胸高直径が25 cm以上のものを調査対象とした。調査実施地点については、NO₂濃度を常時監視している測定局11局 (図1) の周辺の地点とし、平成25年度から平成26年度に調査³⁾した調査地点と、東山梨局周辺の2地点を加え、合計13地点で調査を行った。



図1 二酸化窒素 (NO₂) 濃度を常時監視している測定局

(2) 葉状地衣類の判別

通常、地衣類の確実な同定には、特徴的な代表成分を分析する必要があるが、大型の葉状地衣類の場合、目視観察（ルーペ観察）でも大まかな判別は可能である。本調査でも、これまでの調査^{3,4)}と同様に、図2に示した5種類の葉状地衣類（ウメノキゴケ、キウメノキゴケ、ハクテンゴケ、ナミガタウメノキゴケ、マツゲゴケ）を目視観察にて判別した。また、その他の大型の葉状地衣類についても、固着地衣類等と区別した。



図 2 山梨県内で観察された主な葉状地衣類

(3) 被度 (%) の算出

対象とする樹木について、北側と南側から 1 枚ずつ写真を撮り、これまでの調査^{3,4)}と同様に、画像編集ソフト「Adobe Photoshop Elements 11」を用いて、葉状地衣類の着生面積と樹幹面積の割合を算出した (図 3)。

その割合を以下の式に代入することで被度を算出し、南北の写真の平均値をその樹木における葉状地衣類の被度とした。ただし、吉田については、観察対象樹木の南側に障害物があり、南側から写真が撮れなかったため、東西から撮った写真で被度を算出した。

$$\text{被度}(\%) = \frac{\text{葉状地衣類着生面積}}{\text{樹幹面積}} \times 100 \quad (\text{式})$$



図 3 葉状地衣類の被度の算出方法

また、調査地点ごとに、調査した各樹木の被度を平均し、調査地点の平均被度として評価に用いた。

(4) 幹の太さ (幹囲) 及び樹皮水分 (%) の測定

平成 28 年度に実施した調査⁴⁾で葉状地衣類の生育に影響すると考えられた大気汚染以外の環境要因について、幹囲や樹皮水分で補正できないか検討するため、各調査樹木の地表から約 30 cm 高さにおける幹囲を測定し、さらに木材水分チェッカー (佐藤計量器製作所製 SK-540A) を用いて、地表からの高さ 50 cm、100 cm 及び 150 cm の樹皮表面の水分量を測定した。

(5) 大気汚染物質濃度との比較

一般環境大気測定局及び自動車排出ガス測定局における平成 28 年度の NO₂ 濃度の年平均値と、葉状地衣類の平

均被度との相関性を評価した。

なお、以前の調査³⁾では、過去 10 年間 (平成 16 年度から平成 25 年度) の年平均値を平均し、評価している。

2 着生度の推定方法に関するアンケート調査

(1) 着生度の推定方法の検討

これまでの調査では、葉状地衣類の着生度は、前述のとおり、画像編集ソフト「Adobe Photoshop Elements 11」を用いて被度 (%) として算出した。この方法は、比較的正確に着生度を算出できるが、パソコンと画像処理ソフトが必要で、操作が煩雑であり、時間がかかる。さらに、観察地点ですぐに作業ができないため、環境学習には適していない。そのため、環境学習を行う場合には、より簡便で、観察地点ですぐに実施できる方法を検討する必要があった。

そこで、葉状地衣類の着生度を見た目で判断する方法として、図 4 のように被度レベル (6 段階) を考案した。被度 0.0% から 0.3% の範囲を被度レベル 1、被度 0.3% から 1.0% を被度レベル 2、被度 1.0% から 3.0% を被度レベル 3、被度 3.0% から 10% を被度レベル 4、被度 10% から 30% を被度レベル 5、被度 30% 以上を被度レベル 6 とし、実際に観察した樹木がどの範囲 (レベル) に入っているかで、着生度を大まかに判断できる。

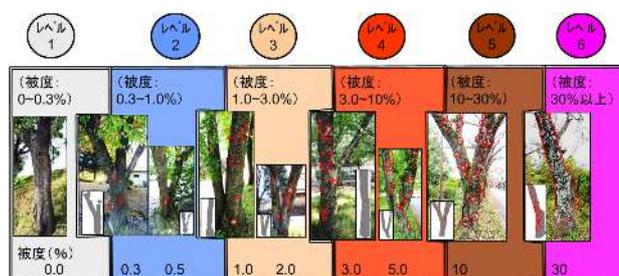


図 4 葉状地衣類の被度 (%) と被度レベル (1 から 6)

(2) アンケートの実施日・場所・対象等

平成 30 年 3 月 20 日 (火) に、山梨県立図書館で実施された山梨県衛生環境研究所成果発表会に参加した高校生 (文部科学省からスーパーサイエンスハイスクール (SSH) に指定された山梨県内の高等学校の生徒) を対象として、考案した着生度の推定方法に関するアンケート調査を実施した。

(3) アンケート調査の内容

図 4 に示した写真 (被度と被度レベルが記載) を参考にしながら、図 5 に示した画像 1 ~ 画像 4 について、「被度 (%)」 (小数点第 1 位まで) 及び「被度レベル」 (整数: 1~6) を推定してもらう内容であり、高校生に内容を説明した上で、アンケート用紙に回答してもらった。

その結果から、2 つの方法でどの程度のバラつきが生じるのかを調査した。



図5 実際にアンケートに使用した画像(画像1~4)

結果と考察

1 測定局周辺における再調査の結果

(1) 観察された葉状地衣類の被度

山梨県内に設置されている測定局の近傍 13 地点で調査を行なった。各調査地点で観察された葉状地衣類の平均被度を地図上に示し、平成 25 年度に得られたデータをカッコ内に示した (図 6)。



図6 葉状地衣類の平均被度 (平成 29 年度) 及び
前回 (平成 25 年度) の結果との比較

今回の結果を前回 (平成 25 年度) の結果と比較すると、吉田を除く地点で、前回よりも被度が高くなっていた。これは、葉状地衣類が生長したことが一因と考えられるが、各調査地点で対象とした樹木数や写真を撮る方向等、被度の算出条件が異なっているため、全てが生長によるものと言い切ることはできない。

地点間の傾向としては、前回の結果と変化はなく、甲府盆地内及び自排局の近傍、中央自動車道 (国道 20 号) 沿いの大月や上野原等、交通量が多く、窒素酸化物の濃度が高くなりやすい地点では、葉状地衣類の被度が低いことが再確認できた。また、前回の結果と同様に、調査地点の平均被度が 1.0% 以上の地点では、複数の樹木に、多種の葉状地衣類の着生が認められた。

(2) 幹の太さ (幹囲) 及び樹皮水分 (%) との関係

調査を行った 13 地点の中で、葉状地衣類の被度が比較的高かった吉田、南部、都留、南アルプスの 4 地点について、地点毎に、葉状地衣類の被度と幹囲及び樹皮水分との関係 (相関図) を図 7 及び図 8 に示した。

図 7 より、葉状地衣類の被度と樹木の幹囲については、明確な関係性は認められなかったが、幹囲が大きい方が、葉状地衣類の被度が低くなる傾向であり、幹が太い方が、葉状地衣類が着生しやすいという当初の想定とは異なる結果であった。この結果から、幹囲を用いた補正は難しいと判断した。

図 8 より、樹皮水分との関係については、地点毎に見ると、葉状地衣類の被度が高い樹の方が、樹皮水分が高い傾向が認められ、葉状地衣類の生長に樹皮水分も影響していると考えられた。しかし、樹皮水分は、季節や天候によっても大きく変動があるため、樹皮水分による補正は難しいと判断した。

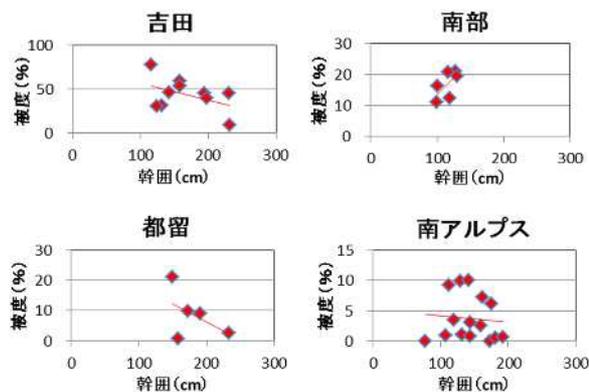


図7 葉状地衣類の被度 (%) と幹の太さ (cm) の関係

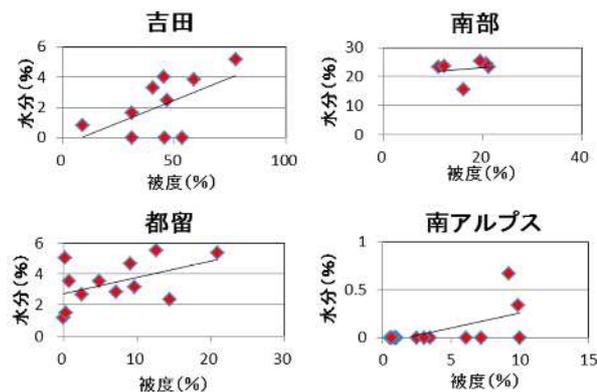


図8 葉状地衣類の被度 (%) と樹皮水分 (%) の関係

(3) 葉状地衣類の被度と NO₂ 濃度との相関性

各調査地点の葉状地衣類の平均被度と近傍の気象測定局で観測された NO₂ 濃度 (平成 28 年度の年平均値) を比較した結果 (相関図) を図 9 に示した。ただし、吉田については、測定局と地衣類の調査地点の周辺環境が大きく異なっていたため、相関性の評価から除外した。

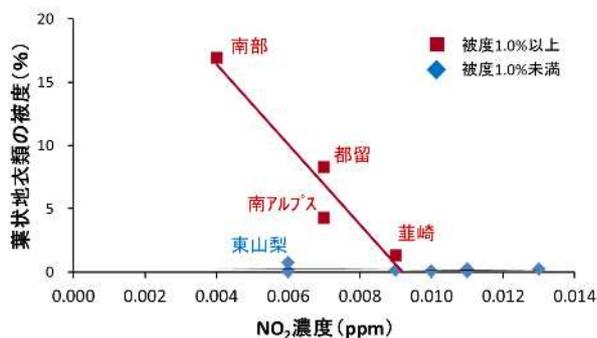


図9 平均被度とNO₂年平均値（平成28年度）の関係

この結果、葉状地衣類の平均被度が1.0%以上の地点では、平成28年度のNO₂年平均値が0.010 ppm以下であり、NO₂濃度が低い方が、葉状地衣類の平均被度が高く、逆相関の関係にあると推察された。平成25年度から平成26年度に実施した調査でも同様の結果が得られており³⁾、再現性が認められた。

なお、調査を進める中で、調査地点近傍の別の地点にもソメイヨシノが見つかった場合には、別の地点においても葉状地衣類の着生状況を確認した。その結果、ほとんどの地点で同等の着生状況であったが、着生状況が全く異なる地点もあった。特に河川敷の様な風が強く、乾燥しやすい特殊な環境の場合、ほとんど葉状地衣類が着生しておらず、大気汚染以外の環境要因の影響を強く受けていると考えられた。

以上の結果から、葉状地衣類の被度を調べることで、被度が高い場合には、周辺のNO₂濃度が低いと推測可能と考えられる。ただし、葉状地衣類は、大気汚染以外の環境要因の影響も受けることから、葉状地衣類の被度が低い場合には、大気環境が悪い（NO₂濃度が高い）と言いきることができないので注意が必要である。

2 アンケート調査の結果

高校生を対象にアンケート調査を実施し、27名から回答が得られた。結果を図10に示した。

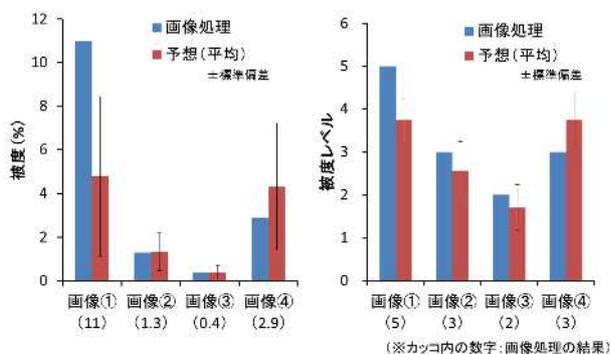


図10 被度と被度レベルに関するアンケートの結果
(左:被度(%), 右:被度レベル) (n = 27)

見た目では被度を推定する方法(図8, 左)では、被度が大きくなるにつれて、推定した被度の平均値と画像処理で算出した被度との差が大きくなる傾向が認められた。また、画像1のように、着生する葉状地衣類の個体が小さく、判別しにくい場合には、特に被度を過小評価しやすいと推察された。さらに、標準偏差が大きく、回答する人によってバラつきが非常に大きいことが分かった。

一方、被度レベル(6段階)で推定する方法(図8, 右)では、被度が大きい場合でも、推定した被度レベルの平均値と画像処理で算出した被度レベルの差は、比較的小さかった。さらに平均値に対し標準偏差が小さく、比較的バラつきが少ないことが分かった。

このことから、葉状地衣類の着生度を、参考写真を見ながら被度レベルで評価することにより、比較的バラつきが少なく評価することができ、環境学習でも使用できると考えられた。

まとめ

葉状地衣類の大気汚染(NO₂濃度)に対する指標性を再検討するとともに、大気汚染以外の環境要因の補正を試みる目的で、平成29年度に山梨県内の測定局(11局)周辺の13地点で、葉状地衣類の再調査を行った。

その結果、葉状地衣類の平均被度が1.0%以上の地点では、NO₂年平均値(平成28年度)が0.010 ppm以下であった。平成25年度から平成26年度の調査結果³⁾と同様に、葉状地衣類の被度は、大気中NO₂濃度(年平均値)と逆相関の関係にあると推察され、大気汚染に対する生物指標として有用と考えられた。

また、調査地点ごとに、葉状地衣類の被度と幹囲を比較した結果では、明確な関係性が認められなかったため、幹囲での補正はできないと判断した。

葉状地衣類の着生度の算出方法に関するアンケート調査を行った結果、見た目から「被度」を推定する方法は、判断者によりバラつきが大きいことが分かった。しかし、本研究で考案した被度レベル(6段階)を推定する方法を用いることにより、バラつきがかなり小さくなった。

以上の結果から、ソメイヨシノを観察し、葉状地衣類の被度レベルを推定することで、「被度レベルが高い(被度1.0%以上、被度レベル3以上)」場合には、大気中のNO₂濃度が低い(年平均値0.010 ppm以下)と推測でき、周辺の大気環境は比較的良好と判断できる。ただし、葉状地衣類は、樹皮の状態や周辺環境等、大気汚染以外の環境要因による影響も受けるため、「被度レベルが低い(被度1.0%未満)」ことにより「大気環境が悪い(NO₂濃度が高い)」との断定はできず、注意が必要である。

参考文献

- 1) 杉山恵一, 黒川道, 岡田巖太郎: 地衣類の大気汚染指標性に関する研究 I. SO₂大気汚染とウメノキゴケの分布との相関性について, 日本生態学会誌(Jap. J. Ecol.), **26** (4), 209-212(1976)
- 2) 南佳典: 都市部における着生蘚苔・地衣類の大気汚染に対する指標性, 環境科学会誌, **6**(1), 17-22(1993)
- 3) 大橋泰浩, 吉澤一家: 山梨県における葉状地衣類の分布及び生息環境調査, 山梨衛環研年報, **58**, 82-87(2014)
- 4) 大橋泰浩, 土橋正徳: 葉状地衣類 (ウメノキゴケ科) の生長に及ぼす要因について, 山梨衛環研年報, **60**, 69-73(2016)