

コケ、環境を語る

一人里離れた高山でさえ、汚染が進行している？

大石善隆

（福井県立大学）

1. コケにできないコケ

小さくて目立たず、不味くて食料にもならず、おまけにきれいな花も咲かせないコケ。そのため、文字通りコケにされがちなコケですが、こんなコケでも、いや、コケだからこそ、活躍する場面もあります。その一つに、コケが環境の指標となること—すなわち、コケの状態をみたり、コケに含まれる物質を分析したりすることで、環境の良し悪しを手軽に評価すること—が挙げられます。とくに、コケは大気環境の指標として広く利用されています。

コケが大気環境の指標となる理由については、その水・栄養分の吸収方法が大きく関係しています。実はコケには根が発達せず、体の表面から直接、大気中や雨に含まれる物質を吸収しています。そのため、コケは大気中に浮遊していたり、雨に溶けたりしている汚染物質を容易に吸収してしまうのです。ちなみに、コケを引っこ抜くと根のようなものがついていますが、これは「仮根」といって、その主な役割は土や木の幹、岩にくっつくことで、木や草のように水や栄養分を土から吸収する機能はほとんどありません。

「環境を評価するなら、観測機器を設置すればいいのに。わざわざコケを使わなくても…」という意見はごもっともです。もちろん、理想をいえばそうなのですが、生物を使うからこそそのメリットや、世のなかには大人の事情もあります。例えば、観測機器を設置・維持するには手間もコストもかかります。そのため、多くの地域で継続的に環境を評価するのは容易ではありません。その一方、野外に生えているコケを利用すれば、効率的

に環境を評価することができるのです。

2. コケの同位体で何がわかる？

コケが大気汚染の指標となるとして…では、コケに含まれる同位体を分析して、いったいどんなことがわかるのでしょうか？ここでは、海外からやってくる大気汚染、いわゆる「越境大気汚染」に注目してみましよう。海外からやってくる大気汚染物質の同位体比は日本のものと少し値が異なっている場合があります。越境大気汚染の影響が大きい地域に生えているコケではこれらの汚染物質を高い割合で吸収します。そのため、その同位体比も海外の値に近づくようになります。つまり、コケの同位体比を分析することで、その地域における越境大気汚染の影響を評価できるのです。

3. 山の窒素汚染

数ある越境大気汚染物質のなかで、今、大きな問題になっているものに窒素汚染があります。窒素は植物にとって欠かすことのできない重要な元素ですが、あまりに多くの窒素が供給されすぎると、生態系に深刻な影響が生じます。例えば、窒素を好む植物ばかりになってしまったり、それに伴って、生態系のバランスが崩れてしまったり、重要な元素ゆえに、その影響力は計り知れません。

越境由来の大気汚染にはNO_xやアンモニア類などの窒素を含む化合物が多く含まれています。そこで、窒素汚染が進行しつつある現在、その実態を明らかにすることが強く求められています。とりわけ、懸念されるのが山岳地域への影響です。

人里離れた高山などの山岳では窒素の供給が少ない状態で維持されているため、窒素を含む越境大気汚染の影響を受けやすいのです。

幸いなことに、山にはコケが豊富にあり、環境を評価するためのコケサンプルに事欠きません。そこで、私はコケに含まれる窒素の安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) に着目して、山岳地域の窒素汚染の評価を試みました。なお、 $\delta^{15}\text{N}$ は、化石燃料（石油や石炭など）の燃焼で発生した窒素や、大気を浮遊する微小な粒子（PM）に含まれている窒素では、 $\delta^{15}\text{N}$ の値が高くなることが知られています。越境由来の窒素には化石燃料の燃焼によって発生するものが多く含まれ、おまけに PM に含まれて日本やってくるものも少なくありません。この状況を踏まえれば、越境由来の窒素汚染が深刻な地点では、コケの窒素安定同位体比も高くなりそうです。

4. コケが教えてくれたこと

本州中部の「八ヶ岳」の東西南北の斜面（合計9本のルート）で山麓から山頂にかけてコケ（イワダレゴケ）を採取し、このコケに含まれる $\delta^{15}\text{N}$ を分析したところ、興味深いことがわかりました（図1）。

- (1) 標高が高くなればなるほど、コケの $\delta^{15}\text{N}$ が高くなる
- (2) 高山のコケの $\delta^{15}\text{N}$ の値は、越境由来の $\delta^{15}\text{N}$ の値に近くなる
- (3) この傾向は山の西斜面で顕著になる

山岳の自然環境やアジア大陸からの越境大気汚染の移動経路を踏まえれば、(1) ~ (3) の結果は、次のように解釈できます。

- ・都市から離れ、国内の汚染物質の影響が小さい標高が高い地域では、越境由来の窒素化合物の影響が大きい。
- ・とくに高山では樹木が発達しないために越境

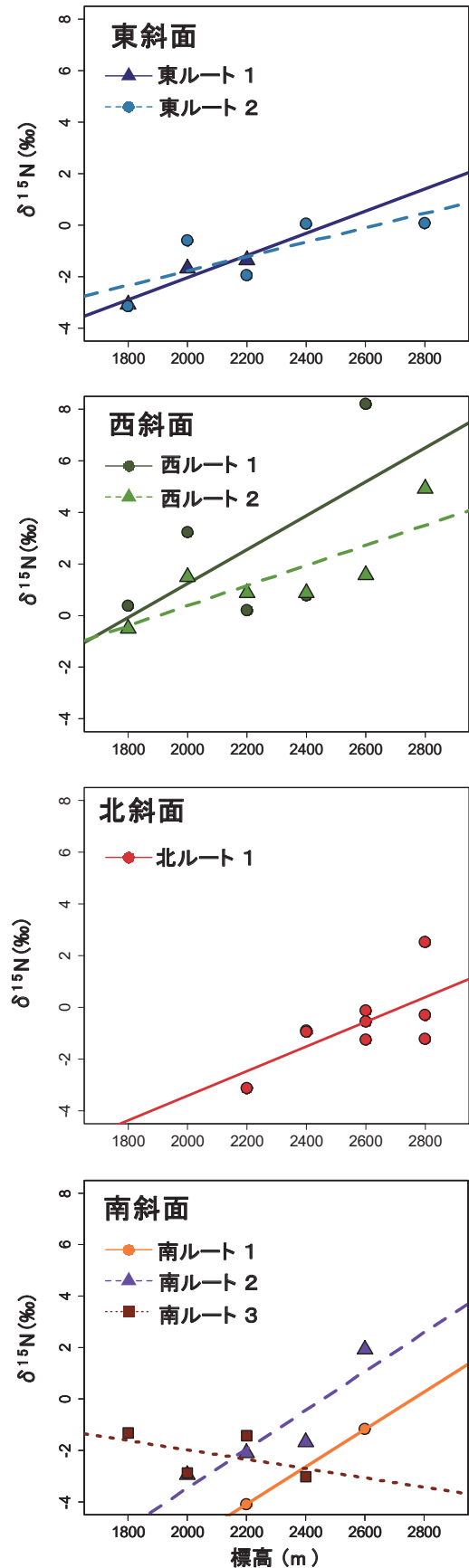


図1. 標高に沿ったコケの $\delta^{15}\text{N}$ の変化
標高に沿って $\delta^{15}\text{N}$ が上昇する。Oishi (2019) の Fig. 4 を改変。



図2. 越境大気汚染を教えてくれるコケ
コケに含まれる窒素安定同位体比を分析することで、越境大気汚染が高山生態系に与える影響を評価することができる

由来の大気汚染物質がコケに直に降り注ぎ、コケの $\delta^{15}\text{N}$ も値もこれらの物質に近くなる。

- 大陸由来の越境大気汚染は西風によって日本にやってくるため、山の西斜面でその影響が顕著に表れる。

以上の結果より、コケの窒素安定同位体比を分析することで、人里をはるか離れた高山においてさえ、窒素汚染が進行しつつあることが明らかに

なつたのです(図2)。今後もこの傾向が続くのか、その結果、高山の生態系に何か変化が現れるのか…定期的にコケを使った環境評価をすることで、新しい知見が得られると期待されます。

文献

Oishi Y (2019) Moss as an indicator of transboundary atmospheric nitrogen pollution in an alpine ecosystem. *Atmospheric environment* 208: 158-166.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.04.005>

著者情報



大石善隆 (福井県立大学学術教養センター准教授) 京都大学農学研究科博士課程修了。博士 (農学)。専門はコケの生物学。著書に『苔三昧 もこもこウルウル寺めぐり』『苔登山 もののけの森でコケ探し (いずれも岩波書店)』『コケはなぜに美しい (NHK 出版)』『じっくり観察 よくわかるコケ図鑑 (ナツメ社)』など。

(2020年3月31日掲載)