

北海道における森林樹木の個葉に付着したエアロゾル粒子の観察

北海道大学北方生物圏フィールド 科学センター	渡邊 陽子
北海道立総合研究機構 環境科学研 究センター	山口 高志 野口 泉
北海道大学大学院農学研究院	龍田 慎平 渡辺 誠 小池 孝良
森林総合研究所北海道支所	北岡 哲 上村 章
弟子屈町	久保島康行 渡邊 忠
森林総合研究所	黒田 克史

はじめに

近年、日本の西側の大陸からの越境大気汚染（エアロゾルやオゾンなど）増加による森林への影響が懸念されている。エアロゾルは、工場などから排出される SO_x や NO_x などの粒子、粉塵、黄砂など、「気体中に浮遊する微小な液体または固体の粒子」（<http://www.jaast.jp/hanashi/>より引用）と定義されているが、なかでも SO_x や NO_x 粒子は酸性雨や酸性霧の元となり、植物に影響を及ぼすと考えられる(1)。しかしながら、野外でのエアロゾル濃度測定と森林樹木への影響を直接関連付けた調査例は少ないのが現状である。

北海道は、エアロゾルの排出源が少なく、越境大気汚染が検出されやすいことが報告されている(3)が、エアロゾルによる樹木への影響についての報告例はわずかである(6)。本研究では、森林に対するエアロゾルの影響を明らかにするために、北海道各地においてエアロゾルの定量的把握を行なうとともに、森林樹木にどのような種類の粒子が付着しているのか、エネルギー分散型 X 線分光 (EDX) 装置を装着した電界放出形走査電子顕微鏡 (FE-SEM) を用いて葉の表面の粒子の観察および元素分析を行なった。

材料と方法

調査地：エアロゾル濃度が異なると思われる地域（都市部中心、都市部郊外、冷温帯林）から調査地を以下のように選定した。

都市部中心：札幌市中心部（北海道大学札幌研究林実験苗畑、北海道立総合研究機構 環境科学研究センター）

都市部郊外：札幌市郊外（森林総合研究所北海道支所実験林）

冷温帯林（北海道大学天塩研究林、摩周湖外輪山）

エアロゾル濃度の測定：摩周湖外輪山において、2010年5月から1週間おきにフィルターパック法によりエアロゾルを補足し、SO₄²⁻、NH₄⁺、NO₃⁻の濃度を ICP 法により分析した。

葉の採取および試料の調製：各調査地に生育しているシラカンバ(摩周湖のみダケカンバ)の樹冠から葉を採取した。葉を採取後、出来るだけ葉の表面（向軸面および背軸面）に触れないように、かつ、葉の表面に埃がつかないように、シャーレの中に葉を固定し、平衡状態になるまで気乾させた。

SEM-EDX 法：気乾させた試料の一部を切り取り、カーボンシールを用いて試料台に接着させた後、Au-Pd コーティングを行なった。その後、SEM-EDX (S-4800, HITACHI, Tokyo, Japan)により葉の表面（向軸面および背軸面）の観察および元素分析を行なった。

結果

摩周湖外輪山におけるエアロゾル濃度の結果を図-1に示す。2010年5月～7月までの約2ヶ月間の結果であるが、摩周湖外輪山では、都市部中心と比較して(2)、エアロゾル濃度が低いことが明らかとなった。

図-2, 3に、都市部中心（北海道立総合研究機構 環境科学研究センター）および冷温帯林（北海道大学天塩研究林）の葉の背軸面の SEM 写真および定性スペクトルを示す。都市部中心の試料では、表面のみならず気孔を塞ぐように粒子が付着しているのが観察されたが、元素分析により、これらは Si や Al を多く含む粒子や K や Ca を多く含む粒子であることが明らかとなった(図-2)。

Yoko WATANABE (FSC, Hokkaido Univ., Sapporo 060-0809), Takashi YAMAGUCHI, Izumi NOGUCHI (Institute of Environmental Sciences, HRO, Sapporo 065-0019), Shinpei TATSUDA, Makoto WATANABE, Takayoshi KOIKE (Graduate school of Agriculture, Hokkaido Univ., Sapporo 060-8589), Satoshi KITAOKA, Akira UEMURA (FFPRI, Sapporo 062-8516), Yasuyuki KUBOSHIMA, Tadashi WATANABE (Department of Planning and Finance, Teshikaga Town Office, 088-3292), Katsushi KURODA (FFPRI, Tsukuba 305-8687)

Observation of aerosol particles on the surface of leaves in forest trees in Hokkaido by SEM-EDX

Submission of the drafts to the Transactions of the Meeting in Hokkaido Branch of the Japanese Forest Society

また、他の調査地の試料についても、葉の表面に付着した粒子はSiやAlを含んでいることが明らかとなった(図-3)。

考察

各調査地から採取したシラカンバの葉の表面の SEM 観察の結果、葉の表面には多様な形状の粒子が付着していることが明らかとなった(図-2, 3)。さらに、これらの粒子の元素分析を行なった結果、主にSiを含む粒子と含まない粒子の二つのタイプに分けられた。Siを含む粒子は土壌由来と考えられる。一方、KやCaは雨などにより葉から溶脱することが報告されている(5)。したがって、Siを含まずKやCaを多く含む粒子は、葉の内部から析出したものである可能性が高い。しかしながら、どちらのタイプの粒子においても、今回の分析結果から、その起源を明らかにすることはできなかった。

本研究では、葉の向軸面および背軸面の観察を行なったが、付着していた粒子の形状や成分について両面での違いは見られなかった。しかしながら、背軸面において一部の気孔が粒子により閉塞されていた(図-2)。気孔は二酸化炭素の取り込みや植物体内の水分調節機能を担うため、粒子による閉塞が増加すれば、生理機能に影響を及ぼす可能性も考えられる。

一方、葉の向軸面においては、今回の観察結果から粒子によるエピクチクラワックス層への影響はみられなかった。しかしながら、粒子の付着増加により葉のエピクチクラワックスやワックス層など表面構造に傷害が生じる、などの影響が考えられる(4)。今後、定量的把握によるエアロゾルの動態に注目するとともに、さらに葉の表面に付着した粒子の観察を行ない、エアロゾルの森林樹木への影響を明らかにする必要があるだろう。

謝辞

本研究は、新学術領域「東アジアにおけるエアロゾルの植物・人間系へのインパクト」の公募研究(代表: 渡邊陽子)の助成を受けたものである。記して感謝する。

引用文献

(1) 伊豆田 猛 編著(2006) 植物と環境ストレス, コロナ社, pp. 220.
 (2) Matsuda K., Nakae S. and Miura K. (1998) Atmospheric aerosol composition analyzed by X-ray fluorescence spectrometry and ion chromatography in the center of Tokyo from March 1995 to February 1996. J. Jpn. Soc. Atmos. Environ. **34** : 251-259.
 (3) Noguchi I. and Hara H. (2004) Ionic imbalance due to hydrogen carbonate from Asian dust. Atmos. Environ. **38** : 6969-6976.
 (4) Tomasevic M., Vukmirovic Z., Rajsic S., Tasic M. and Stevanovic B. (2005) Characterization of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area. Chemosphere **61** : 753-760.
 (5) Tukey HB. (1971) Leaching of substances from plants. Ecology of Leaf Surface Micro-organisms (eds. Preece TF. and Dickinson CH.), Academic Press, p.67-80.
 (6) 渡邊陽子・渡辺 誠 (2010)エアロゾルは樹木へ影響するのだろうか. 北方林業 **62** : 88-91.

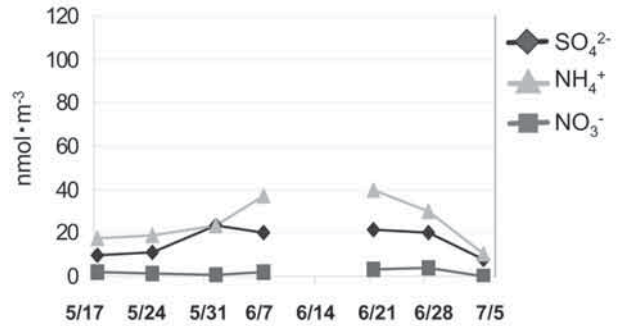


図-1 摩周湖外輪山におけるエアロゾル濃度の変化。(2010年5月~7月)

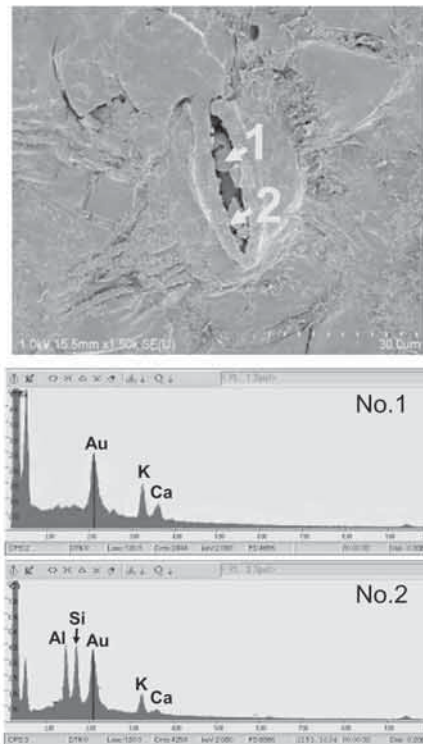


図-2 都市部中心のシラカンバの葉の背軸面のSEM写真とX-rayスペクトル。

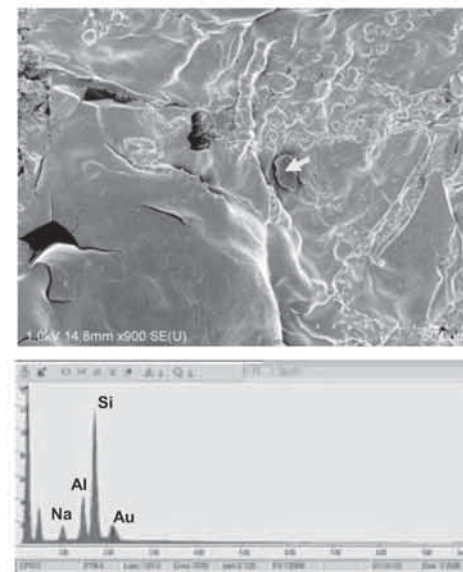


図-3 冷温帯林(天塩研究林)のシラカンバの葉の背軸面のSEM写真とX-rayスペクトル。