

## 北海道の大気中エアロゾル成分と樹木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 渡邊 陽子  
 科学センター  
 北海道総合研究機構 環境科学 山口 高志  
 研究センター  
 野口 泉  
 日本原子力研究開発機構 堅田 元喜  
 弟子屈町 若松 歩  
 川井田東吾

### はじめに

近年、日本の西側の大陸からの越境大気汚染物質（エアロゾルやオゾンなど）の飛来による森林樹木への影響が懸念されている。森林は木材生産の場であるだけでなく、生物多様性や水源涵養など多様な生態系サービスを提供する重要な場であり、長期にわたる持続可能な森林管理を行う上で、大気汚染物質による森林樹木への影響を明らかにしておく必要がある。しかしながら、森林樹木は様々な環境要因の影響を受けるため、大気汚染物質の影響のみを検出することは困難であり、知見に乏しいのが現状である。

森林樹木へのエアロゾルの影響を解明するためには、森林へ沈着する大気中エアロゾル成分の同定や各成分の濃度測定および沈着量の推定、森林樹木に付着したエアロゾルの形状観察や含まれる元素の測定などを行い、現状を把握することが重要である。これまでに日本の森林ではエアロゾルの沈着量推定が試みられているが、まだほんの一部の地域に過ぎない(3)。また、エアロゾルが森林樹木、特に光合成器官である葉に付着した場合、光合成能の低下など生理的に影響を及ぼすこともある(1)。しかしながら、野外において森林樹木の葉にどのようなエアロゾルがどのような状態で付着しているのかについて、観察例はほとんどない。

本研究では、北海道において、エアロゾル濃度の高いと考えられる都市中心部（札幌市）と、エアロゾル濃度未測定地域である北海道東部（摩周湖外輪山）を中心に、大気中エアロゾル成分の測定と、各地域に生育している樹木葉の表面に付着している粒子の観察を行った。

### 試料と方法

**調査地の概要：**都市中心部では、札幌市中心部にある北海道総合研究機構 環境科学研究センターを、北海道東部では、摩周湖外輪山をそれぞれ対象地とした。各地域において、大気中エアロゾル成分の測定場所付近に生育している樹木を選定し、着葉期間の観測、葉の採取を行った。

**大気中エアロゾル成分の測定：**札幌市中心部、摩周湖外輪山ともに、2009年から2011年にかけて、フィルターパック法を用いて測定を行った。フィルターパックは1週間毎に回収し、主要エアロゾル成分の濃度を測定した。

**樹木葉に付着した粒子の観察：**2009~2011年の6~9月に、都市中心部では環境科学研究センターの敷地付近のシラカンバの葉を、北海道東部では摩周湖外輪山に生育するダケカンバの葉を採取した。採取は、可能な限り降雨日から2日以上空けてから行い、1回の採取につき葉を3、4枚採取した。採取した葉は、葉の表面に触れないように、直ちにシャーレの中に固定し、気乾させた。気乾させた葉から小片を切り取り、カーボン製の試料台に、カーボンテープで固定し、カーボンコーティングを行った。その後、エネルギー分散型X線分析装置付き走査型電子顕微鏡(SEM-EDX)で葉の表面の粒子を観察し、粒子の元素分析を行った。

### 結果と考察

#### 大気中エアロゾル成分濃度

2011年の札幌市と摩周湖外輪山の大气中エアロゾル成分の濃度と、各地域で選定した樹木の着葉期間を図-1に示す。摩周湖外輪山の大气中エアロゾル成分の濃度は、札幌市の半分以下であったが、両地域ともに、樹木の着葉期間の主要成分は $\text{SO}_4^{2-}$ と $\text{NH}_4^+$ であった。

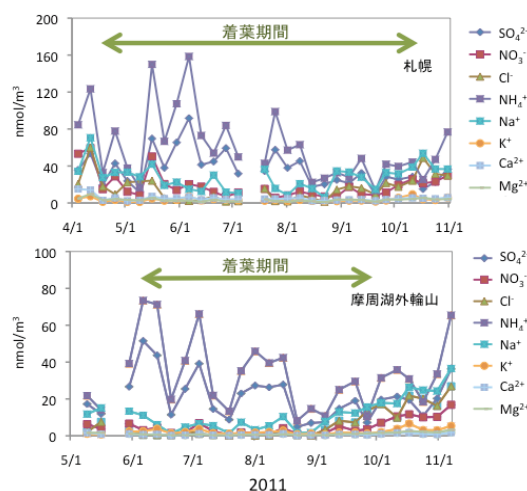


図-1 2011年における札幌市と摩周湖外輪山の大气中エアロゾル成分の測定結果

これらの主要成分は、高濃度の場合、植物に影響を与

Yoko WATANABE (Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido Univ. Sapporo 060-0809), Takashi YAMAGUCHI, Izumi NOGUCHI (Institute of Environmental Science, HRO, Sapporo 060-0819), Genki KATATA (Japan Atomic Energy Agency, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1195), Ayumu WAKAMATSU, Tougo Kawaida (Teshikaga Town Office, 080-3292). Measurement of aerosol composition and observation of aerosol particles deposited on leaf surface of forest trees in Hokkaido.

えることが暴露実験から示唆されている(2)。しかしながら、北海道の場合、北海道最大の都市である札幌市においても、季節変動はあるものの、年平均濃度が全国平均とほぼ同じであり、特に高濃度とはいえない(6)。また、摩周湖外輪山では札幌の約半分程度の濃度であり、清浄地域であるといえる。

摩周湖外輪山では霧が多く発生するが、霧水の主要成分も粒子状成分と同じく、 $\text{SO}_4^{2-}$ と $\text{NH}_4^+$ である(5)。これは、大気中の粒子状成分が霧水に取り込まれたためと考えられる。

### 葉に付着した粒子の種類

両地域ともに、葉の表面にSiとAを含む粒子が付着していた(図-2)。これらの粒子は、土壌由来と考えられる。札幌では、CaとSを含む粒子や、NaとClを含む粒子が検出された(図-3)。これらの粒子は、 $\text{CaSO}_4$ や $\text{NaCl}$ と考えられる。 $\text{CaSO}_4$ は石膏の主成分であり、建築材料などに使用されるため、越境大気汚染物質由来かどうかは明らかにできなかった。NaClは、海塩由来であると考えられる。

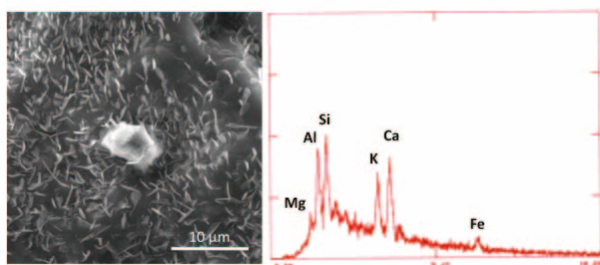


図-2 摩周湖外輪山で採取したダケカンバ葉の表面に付着した土壌粒子

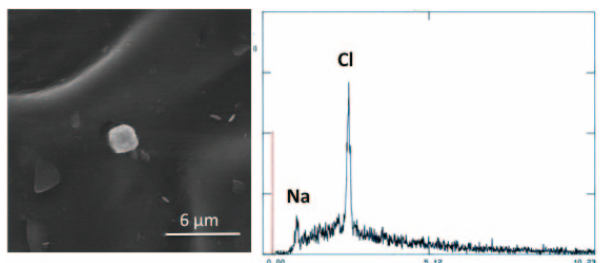


図-3 札幌で採取したシラカンバ葉の表面に付着したNaとClを含む粒子

摩周湖外輪山では、土壌粒子以外に、KとCaを含む粒子が観察された(図-4)。これは、葉内から溶脱したものと考えられる。

これらの結果から、観察可能であった樹木葉に付着した粒

子は、いずれも葉の光合成能に影響を与えるとは考えにくいものであった。本研究の結果から、現時点では、エアロゾルによる森林樹木の影響はきわめて低いと考えられる。

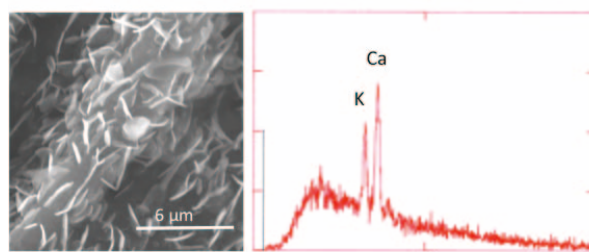


図-4 摩周湖外輪山で採取したダケカンバ葉の表面に付着したKとCaを含む粒子

一方で、本研究により実験手法の限界も明らかになった。大気中エアロゾル成分で最も多かった $\text{SO}_4^{2-}$ と $\text{NH}_4^+$ が、葉の表面に粒子として付着しているかどうかをSEM-EDXでは分析することが不可能であった。渡邊ら(4)は、葉の表面をイオン交換水で洗浄し、その洗浄液をイオンクロマトグラフィーにより分析したところ、 $\text{SO}_4^{2-}$ が検出された。これは、 $\text{SO}_4^{2-}$ はSEM-EDXで分析できない形状で付着している可能性を示唆している。今後、エアロゾルの影響を明らかにするために、さらなる測定や観測が必要である。

### 引用文献

- (1) Burkhardt J. (2010) Hygroscopic particles on leaves: nutrients or desiccants? *Ecol. Monogr.* **80** : 369-399.
- (2) Gmur NF., Evans LS. and Cunningham EA. (1983) Effects of ammonium sulfate aerosols on vegetation-II. Mode of entry and responses of vegetation. *Atmos. Environ.* **17** : 715-721.
- (3) Matsuda K., Fujimura Y., Hayashi K., Takahashi A. and Nakaya K. (2010) Deposition velocity of PM2.5 sulfate in the summer above a deciduous forest in central Japan. *Atmos. Environ.* **44** : 4582-4587.
- (4) 渡邊陽子・山口高志・堅田元喜 (2012) 冷温帯林におけるエアロゾル動態把握及び樹木の応答機構. 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.平成23年度研究成果報告書. 93-94.
- (5) 山口高志・酒井茂克・野口泉・渡邊陽子・若松歩・渡邊忠 (2012) 摩周湖周辺の樹木衰退とその要因としての酸性霧の検討. *北方森林研究* **60** : 45-46.
- (6) 全国環境研協議会編集委員会 (2012) 季刊全国環境研究会誌 **37**, 東京, 50pp.