

## 研究成果要約書

事業名 (補助金名)	研究開発助成事業 (タレント補助金)
研究テーマ名	北海道の森林生態系炭素循環における微小粒子生成機構の解明
研究代表者名	宮崎 雄三 【 北海道大学低温科学研究所 / 助教 】
共同研究者	
外部協力者	山野井 克己 【 森林総合研究所北海道支所 / グループ長 】

## 1. 背景・目的 (250 字程度)

対流圏大気中のエアロゾル (浮遊粒子) は地球の放射収支や降水過程に大きな影響を与える。森林生態系を起源とする有機エアロゾルは二次生成物 (BSOA) と直接放出されるエアロゾル (PBAPs) が寄与すると考えられる。しかしながら、森林生態系における有機エアロゾルの放出源や生成に至る過程、生成の制御要因については観測例が少なく、理解が不十分である。本研究では、有機エアロゾルの中でも雲凝結核として機能する上で重要な水溶性有機炭素 (WSOC) に着目し、森林内における WSOC エアロゾルの起源および各起源の WSOC への寄与とその生成制御要因を明らかにすることを目的とした。

## 2. 内容・方法 (400 字程度)

森林総合研究所・北海道支所演習林内の観測タワーにおいて、ハイボリュームエアサンプラーを用いて約 1 週間ごとに石英繊維フィルター上に取得したエアロゾル試料から WSOC 濃度、及びその安定炭素同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{WSOC}}$ ) を測定した。併せて、ガスクロマトグラフ-質量分析計を用いて植物起源のトレーサーである  $\alpha$ -/ $\beta$ -ピネン由来の BSOA トレーサー (3-メチル-1,2,3-ブタントリカルボン酸 (3-MBTCA)、3-ヒドリキシングタル酸 (3-HGA)、ピン酸、ピノン酸) やイソプレン BSOA トレーサー (2-メチルエリスリトール、2-メチルスレイトール) を測定した。さらに PBAPs のトレーサーとしてスクロース及びトレハロースを同定した。無機物については、イオンクロマトグラフを用いて測定した。さらに、森林生態系の生物活動とエアロゾル炭素との関係を調べるため、観測タワーにおける純生態系  $\text{CO}_2$  交換量 (NEE) のデータを用いた。

## 3. 結果・成果 (1,000 字程度)

WSOC 濃度は初夏と秋にピークを示した。 $\delta^{13}\text{C}_{\text{WSOC}}$  は 12 月-4 月に高い比を示し、6 月-9 月に低い比を示す明瞭な季節変化を示した。夏季の  $\delta^{13}\text{C}_{\text{WSOC}}$  の平均比は  $-25.6 \pm 0.7\text{‰}$  であり、初夏から秋において C3 植物の寄与が WSOC の支配的な起源であることが示唆された。光合成に伴う森林生態系による上層大気からの  $\text{CO}_2$  の取り込みは 6 月下旬から 7 月にかけて最大となり、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{WSOC}}$  の季節変化はこの変動と類似していることが明らかになった。 $\delta^{13}\text{C}_{\text{WSOC}}$  と森林植生活動に伴う  $\text{CO}_2$  の取り込み量との比較から、観測されたエアロゾルは群落レベルでの空間代表性を示していると考えられる。

観測された WSOC への起源寄与とその季節変動を明らかにするため、トレーサー化合物の測定結果を用いて、positive matrix factorization (PMF) 法による因子分析を行った。計算結果から、初夏には  $\alpha$ -/ $\beta$ -ピネン SOA が WSOC の 36% を占めた一方、イソプレン SOA は 4% の寄与であった。また、 $\alpha$ -/ $\beta$ -ピネン SOA は秋にも WSOC への主要な寄与 (35%) を示した。初夏にスクロースが支配的な割合を占めることから、花粉がこの時期の WSOC 濃度に大きく寄与することを示唆した。初夏から秋において土壌等が WSOC に寄与していること

が示唆された。特に秋の WSOC 濃度増大は、落葉等に伴う微生物等の起源が WSOC 濃度に寄与していると考えられる。PBAPs は初夏と秋における WSOC ピーク濃度のそれぞれ 57%と 50%を占めた。これらの結果から、植生の成長期（初夏）における WSOC 濃度のピークには、主に  $\alpha$ - $\beta$ -ピネンの酸化に伴う SOA 生成 と森林生態系からの一次放出が同程度寄与していることが示唆された。

一方、イソプレン-SOA は盛夏にピークを示し、WSOC の 40% を占めることが明らかになった。この季節性は、主に光合成が最も活発になる盛夏にイソプレン放出が最大となることに起因すると考えられる。さらに、メタンスルホン酸（MSA）濃度が 5 月から 7 月にかけて最大となる明瞭な季節変動を示し、林床に由来する硫化ジメチル（DMS）の酸化生成による寄与が大きいことが示唆された。また、この負の鉛直濃度勾配は、夏季と秋季の  $\alpha$ - $\beta$ -ピネン SOA トレーサーにも同様に見られた。北方林での林床付近において、生物由来 VOC（主としてモノテルペン類）放出が落葉の種類や量、土壌微生物活動などに起因することが最近の研究から指摘されている。本研究の結果は、夏季と秋季における林床付近が WSOC の重要な発生源であることを示唆している。

#### 4. 今後の展望（250 字程度）

今後は、本研究で重要性を指摘した林床付近の植生が WSOC 生成へ与える役割など、森林生態系における有機エアロゾルの詳細な起源や生成メカニズム（特に窒素を含有するエアロゾル成分の反応過程）などの解明を目指す。さらに現在、国内において複数の森林サイトへもエアロゾル観測網を構築・展開中であり、異なる森林植生におけるエアロゾルについても、本研究で確立した有機エアロゾルの複合分析手法を適用する。これらを通して、アジアを中心とする領域的な森林植生-大気間の炭素循環場における有機エアロゾルの役割やその変動支配要因、大気化学場へ影響の解明を目指した研究を展開していく。

#### 5. 本研究に関する研究キーワード（10 語以内：複数記載可）

大気森林植生相互作用、有機エアロゾル