



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on the origin and atmospheric emission process of secondary fatty alcohols in aerosols in cool-temperate forests [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	崔, 羽皓
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第16216号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95220
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	CUI_Yuhao_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士 (環境科学)

氏 名 崔 羽皓

審査委員 主査 教授 力石 嘉人

副査 教授 山本 正伸

副査 准教授 入野 智久

副査 助教 宮崎 雄三

副査 教授 谷 晃 (静岡県立大学食品栄養科学部)

学 位 論 文 題 名

Study on the origin and atmospheric emission process of secondary fatty alcohols in aerosols in cool-temperate forests

(冷温帯林におけるエアロゾル中の脂肪族第二級アルコールの起源と大気放出に関する研究)

大気中のエアロゾル (浮遊微粒子) は、太陽の光を効果的に散乱・吸収することで気温の変化をもたらす、また雲粒ができる際の核 (雲凝結核・氷晶核) になることで雲の量や降水過程、放射収支に影響を与えるなど、気候変動に重要な役割を果たす。大気エアロゾルの主要成分である有機物の中でも、脂肪族アルコールは植物の葉における表面脂質の主要成分であり、一次生成生物起源エアロゾル粒子 (PBAP : Primary Biological Aerosol Particle) として大気中に直接放出され、界面活性をもつ有機エアロゾルとして機能する。さらにエアロゾル中の脂肪族アルコールは氷晶核として機能することが知られている。中でも脂肪族第二級アルコールはその化学構造上、脂肪族第一級アルコールよりも大気中の光化学反応を受けにくいいため、大気エアロゾルの起源トレーサーとなり得る。このようにエアロゾル中の脂肪族第二級アルコールは大気化学反応や気候影響の評価において重要であるにも関わらず、発生源近傍でのエアロゾル測定データがほとんどないため、その起源や生成プロセス、発生量の制御要因について未解明な点が多い。

本研究では北海道の2か所の森林観測サイト (森林総合研究所北海道支所演習林、北海道大学苫小牧研究林) にて採取した粒径別の大気エアロゾル試料と複数の植生の葉試料を用い、大気エアロゾル中の脂肪族第二級アルコールの起源と大気放出プロセスを明らかにすることを目的とした。得られた試料は実験室にて有機溶媒抽出を行った後、ガスクロマトグラフ/質量分析計を用いて試料中の脂肪族第二級アルコールを同定・定量した。

2か所の森林観測サイトにおいて、エアロゾル中の脂肪族第二級アルコール濃度は植生の成長期である春に最も濃度が高く、その次に秋に高い結果を示した。同定された脂肪族第二級アルコールの中で n -ノナコサン-10-オールが存在量が最も多かった。 n -ノナコサン-10-オール質量の大部分はスーパーミクロンの粒径範囲に存在し、ピーク粒径は春から秋にかけて小さい粒径に移動することが明らかになった。森林総合研究所の観測サイトでは、 n -ノナコサン-10-オールの質量粒径分布は非水溶性有機炭素のそれと高い相関を示したことから、

脂肪族第二級アルコールは非水溶性のエアロゾル有機炭素質量を制御する重要な因子であることが示唆された。これらの結果からエアロゾル中の脂肪族第二級アルコールの多くは植物ワックスから発生し、葉の老化状態が脂肪族第二級アルコールの粒径分布を制御する重要な要因であることが指摘された。

苫小牧研究林において採取された植生の全ての葉試料のうち、*n*-ノナコサン-10-オールは針葉樹の葉試料にのみ検出され、その大部分（94%）は単体の（エステル化していない）化合物として測定された。針葉樹の葉単体あたりの*n*-ノナコサン-10-オール質量は春に最も大きく次いで秋に大きいという結果が得られ、この季節変動はエアロゾル中の脂肪族第二級アルコールの変動と類似していた。さらにエアロゾルと針葉樹の葉の*n*-ノナコサン-10-オール質量の季節変化は風速の変動と良く対応していた。これらの結果から、針葉樹の葉ワックスがエアロゾルの脂肪族第二級アルコールの起源となり、脂肪族第二級アルコールの大気放出量は針葉樹の葉におけるワックス生成量とその季節性および風速によって制御されることが示唆された。本研究により*n*-ノナコサン-10-オールが針葉樹の葉ワックスから発生するPBAPの起源トレーサーとなり得ることが示された。

申請者はさらに、春季における針葉樹からの葉ワックスの大気放出フラックスを見積り、その値は陸上における菌胞子の全球平均放出フラックスと同程度であることを示した。本研究は、PBAPの大気放出フラックスの不確定性を低減するため、その放出源として針葉樹の葉ワックスを考慮する必要性を提示した。さらにPBAP中の脂肪族第二級アルコール質量を制御する因子として、数値モデル等ではこれまで考慮されてこなかった植物の成長と老化状態を考える必要性を示した。これらの結果は、PBAPの発生量の理解を通してエアロゾルの氷晶核活性・雲粒生成と気候影響を精度よく推定する際の重要な知見となり得る。

本研究は大気エアロゾルの氷晶核能に重要なPBAPの新たな発生源として、針葉樹林の葉ワックスの寄与とその生成プロセスに関する新たな知見を与えるなど、地球科学における重要性を評価できる。さらに本研究の結果は、脂肪族第二級アルコールの新たなバイオマーカーとしての有用性や陸域植生－大気間の生物地球化学的な相互作用など関連研究への発展が期待できるものである。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し大学院博士課程における研究スキルの習得や修得単位等もあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。