



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Studies on the effects of cold terrestrial biogenic emissions of organics on the cloud forming potential of atmospheric aerosols [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Mueller, Astrid
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第13106号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/70287
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Astrid_Mueller_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士 (環境科学)

氏 名 MÜLLER, Astrid

審査委員	主査	教 授	渡 辺	力
	副査	教 授	長谷部	文 雄
	副査	教 授	力 石	嘉 人
	副査	助 教	宮 崎	雄 三
	副査	准教授	廣 川	淳
	副査	准教授	村 尾	直 人 (大学院工学研究院)

学 位 論 文 題 名

Studies on the effects of cold terrestrial biogenic emissions of organics
on the cloud forming potential of atmospheric aerosols
(寒冷陸域植生から放出される有機物が大気エアロゾルの雲生成ポテンシャルに
及ぼす影響に関する研究)

大気微小エアロゾル(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し、また雲粒ができる際の核(雲凝結核)になることで雲の量や降水過程に影響を与えるなど、気候の変動に重要な役割を果たす。なかでも微小エアロゾルに最大80～90%もの割合で含まれる有機物は、生物に由来する成分が多いと考えられている。しかしながら、温暖化など気候変化の影響を受けやすい寒冷域において、植生から大気へ放出される有機物の種類と量の違いがエアロゾルや雲粒の生成に与える影響については未解明な点が多く、気候変化に影響する要素のなかでも最も不確かなものの一つと考えられている。

申請者の研究では、陸域植生に由来する有機エアロゾルが雲凝結核能に及ぼす影響を明らかにするため、北大・札幌キャンパスおよび冷温帯林の代表的な植生を有する北大・苫小牧研究林の2ヶ所の観測サイトにおいて、雲粒の生成に重要なサブミクロンのエアロゾル粒子の吸湿特性と雲凝結核特性および化学組成の測定を包括的に行った。

夏季の札幌で行ったサブミクロン粒子の高時間分解能測定から、エアロゾルの雲凝結核活性は粒子のエイジングおよび混合状態によって制御され、特に化学組成は吸湿性の高い硫酸塩に対する水溶性有機物の相対割合が重要であることが明らかになった。さらに雲凝結核活性を制御する水溶性有機物の起源として、陸域植生の寄与が大きいことが示唆された。

この結果をもとに苫小牧研究林において行った2年間の長期観測から、吸湿特性パラメーターが夏季に最大、秋季に最小となる明瞭な季節変動を示し、この変動は異なる年においても再現性があることを示した。さらにエアロゾルの吸湿特性は、水溶性有機物と硫酸塩の質量比に依存し、秋季における吸湿特性パラメーター値の有意な減少は水溶性有機物の濃度増大に対応していることを見出した。起源推定のための解析手法である Positive matrix factorization による統計解析から、秋季においてエアロゾル水溶性有機物の質量に占める

α -ピネン由来の二次生成物の寄与（～75%）が支配的であり、その大半は林床付近の落葉・土壌に起因することが明らかになった。この発見から、冷温帯林において林床に由来する水溶性有機物が、エアロゾルの雲凝結核活性を抑制することが初めて示唆された。雲凝結核活性の抑制は、 α -ピネンの酸化生成物が吸湿性の高いエアロゾル粒子に被覆することで起こりうると考えられるが、このメカニズムによる雲凝結核の個数の減少は約30%と見積もられた。さらに、 α -ピネン由来の二次有機エアロゾルの化学的・物理的大気寿命の時定数から、林床からの α -ピネン放出が約800 kmの空間スケールにおける雲凝結核活性に影響を及ぼすと推定された。

上記の結果をスカイラジオメーターで測定された直上大気のエアロゾル光学特性の測定結果と比較し、夏季・秋季において、微小エアロゾルの光学的厚みと森林キャノピー内のエアロゾル水溶性全質量の時間変動が同期することを明らかにした。夏季のエアロゾル組成は硫酸塩が支配的（水溶性エアロゾル質量の60%）であり、単一散乱アルベド（ >0.95 ）が示すエアロゾルの散乱性と整合的な結果が得られた。これに対し、秋季は水溶性エアロゾル質量に占める有機物の割合が支配的（70%）であり、単一散乱アルベドの値（0.90–0.95）からエアロゾルは吸収性と散乱性の性質が混在していることが示唆された。特に秋季は林床付近から生成した有機物が直上大気のエアロゾルの光吸収性を高める可能性を指摘するなど、冷温帯林での植生由来の有機エアロゾルが領域スケールのエアロゾル光学特性を変化させうることを示した。

以上のように申請者の研究は、寒冷域の陸域植生から大気へ放出される有機物が雲凝結核の活性度やエアロゾルの光学特性に与える影響を実大気観測から初めて明らかにした。冷温帯林の林床付近からの有機物放出が雲粒の生成を領域スケールで抑制し、エアロゾル光吸収への寄与の可能性もあわせ、エアロゾルによる冷却効果に対して負の影響（アルベドの減少）をもたらすことを示唆している。将来的な土地利用の変化や温暖化のような気候変化、オキシダント濃度の変化等に伴うエアロゾルの気候影響を高い精度で予測するための新たな知見を与え、この方向の研究の発展を促す研究であると評価される。審査委員一同は、地球科学におけるその重要性や先進性・発展性を高く評価し、研究者としても誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研究スキルの習得や修得単位などもあわせ、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。