

審査委員会報告書

[課程博士用]

報告番号	甲 第 号	授与年月日	令和 年 月 日
学位記番号	第 号	研究科名	環境共生学研究科
学位 (専攻分野)	博 士 (環境共生学)	専攻名	環境共生学 専 攻
ふりがな 氏 名	FAN Chunlan 範 春蘭	生年月日	1993年3月27日生
		国 籍	中 国 (外国人のみ)
論 文 課 題	Size-segregated Concentration of Bacterial Aerosols in Response to Variation of Synoptic Weather at Japan Southwestern Coast 「九州西岸における総観気象パターン変化に応じた浮遊細菌のサイズ別 濃度」		
主論文の冊数	1 冊		
審 査 委 員 会 委 員	(職 名)		(氏 名)
	主査 熊本県立大学	教 授	張 代洲
	副査 熊本県立大学	教 授	松崎 弘美
	副査 熊本県立大学	教 授	石橋 康弘
審査の結果の要旨 最終試験の結果の要旨	別 紙 1		
	別 紙 2		
審 査 委 員 会 の 意 見	審査の結果、博士 (環境共生学) の学位を授与できると認める。		

- 【注】 1 報告番号は、事務局 (学生課) において記入する。
 2 学位記番号は、授与年月日は、研究科教育会議の審議後に研究科において記入する。
 3 国籍は、外国人のみ記入する。

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 範 春蘭

細菌エアロゾルは、細菌を含んだ大きさ $0.1 \mu\text{m}$ から $100 \mu\text{m}$ までの範囲のエアロゾル粒子として大気中に広く分布しており、大気エアロゾルの大部分を占めている。このような微生物を含むエアロゾル粒子は、公衆衛生の脅威として強い懸念を引き起こしている一方、地球環境の進化と発展に不可欠な役割を果たしている。大気エアロゾルの挙動と役割は、粒子の組成に限らず、そのサイズにも大きく依存している。そのため、様々な天候の下におけるサイズ別のエアロゾル濃度の定量がその役割を明らかにする上で重要である。しかし、現状では細菌エアロゾルのサイズ分布(大きさ毎の濃度)に関して信憑性の高い情報はほとんどない。その主な原因は、サイズ別の浮遊粒子の測定に使われる従来型のサンプラー、いわゆるアンダーセンサンプラーを用いてサンプルを採集する際に不確かさがあり、また他の技術ではサイズ別の浮遊微生物の濃度をほとんど正確に測定できないためである。

範春蘭氏の学位論文研究では、アンダーセンサンプラーを利用して浮遊細菌のサイズ別の濃度を正確に測定するために、粒子採集時に生じた不確かさの校正スキームを確立することを目的とした。その不確かさは、サンプル採集時にサンプラーの上段フィルターに捕捉された浮遊微生物が、サンプル採集中に上段のフィルターから脱落し、下段に設置されたフィルター上に採集された現象によるものであり、サンプル採集時間が長引くと、その不確かさが大きくなる。この研究では、まず 8 段のアンダーセンサンプラー（流量 28.3 L min^{-1} ；それぞれの段の 50%カットオフ直径: $>11, 7.0, 4.7, 3.3, 2.1, 1.1, 0.65, \text{ および } 0.43 \mu\text{m}$ ）を用いて浮遊細菌のエアロゾルサイズ別の濃度を測定する際の不確かさを定量分析し、その校正スキームを構築・確立した。不確かさを分析した結果、 $4.7 \mu\text{m}$ 以上のサイズ範囲に浮遊細菌の濃度が 40~50%過小評価される可能性があることが分かった。これは、サンプル採集時間が 6 時間以上になる場合、 $4.7 \mu\text{m}$ 以上のサイズ範囲に採集された浮遊細菌がフィルターから脱落し、下段に設置されたフィルターに捕獲され、 $3.3 \mu\text{m}$ 以下のサイズ範囲の濃度が過大評価されたためである。その不確かさを 10%以下に抑えるためにはサンプル採集時間を 20 分以内に、不確かさを 20%以下に抑えるためにはサンプル採集時間を 42 分以内にする必要があることが分かった。室内実験を通して各段のフィルターからの細菌脱落率とサンプル収集時間との逆指数関係を構築し、上段から脱落した浮遊細菌が下段のフィルターに捕獲された確率を定量的に明らかにした。これらの結果を用いて、アンダーセンサンプラーを使用して空中浮遊細菌のサイズ別の濃度を測定する際に、細菌数のカウント結果を校正

するスキームを検証・確立し、サンプル採集時間の長さによって校正するガイドラインを提案した。

確立された校正スキームを使用して、熊本県天草市西海岸に設置された観測サイト AERU で同じタイプのアンダーセンサンプラーで観測された浮遊細菌のサイズ別の濃度を校正し、総観気象パターン（浮遊微生物を運ぶ気団の移動経路）の変化に応じた浮遊細菌のサイズ別濃度（濃度分布）を正確に求めた。陸由来と海洋由来の気団、または陸海共に経由した気団の由来の違いによって、その濃度分布が異なることが分かった。浮遊細菌の濃度分布は、アジア大陸から長距離に輸送された気団中にサイズ範囲 3.3~4.7 μm の単一のピークモードを、ローカルの陸風の気団と長距離輸送されかつローカルな影響を受けた気団にサイズ範囲 0.43~1.1 および 3.3~4.7 μm の二つのピークモードをもった。これらの分布に対して、ローカルと長距離輸送の海洋由来の気団中の浮遊細菌は明確なピークモードの分布を示さなかった。後方流跡線の分析により、気団が観測サイトに到着する前の 72 時間に移動した距離が長いほど、細菌エアロゾルの濃度が低いことも分かった。浮遊細菌の乾性沈着を推定した結果、ローカルの陸気団を除いて他の気団の場合は細菌の沈着フラックスが大きさ 1.1 μm を超える浮遊粒子によって支配され、その割合が 70.5~93.7% であることが分かった。ローカルの陸気団の場合には、1.1 μm より大きい粒子とより小さい粒子の沈着フラックスへの寄与はほぼ同じであった。これらの結果より、浮遊細菌を含むエアロゾル粒子は様々な由来の気団中においてサイズ別の濃度およびその除去を支配するプロセスが異なることが分かった。

さらに、空中浮遊細菌のサイズ別の濃度を用いて、細菌中に他の粒子に付着している細菌と単独で浮遊している細菌の量と割合および生存率を定量的に調査した。浮遊菌細胞の大きさは 1 μm 前後あるいはそれ以下であることから、カットオフ径 1.1 μm 以上の段のフィルターに採集された浮遊細菌は粒子に付着している細菌、それより小さい段に設置されたフィルターに採集された細菌は単独で浮遊している細菌として区別した。偏西風が頻繁にアジア大陸から黄砂を運んでくる春季に AERU において観測された結果から、黄砂がある時とない時の長距離輸送の大陸性気団中における粒子付着細菌と単独浮遊細菌について調べた。黄砂をもつ気団中には、粒子付着細菌の濃度が、平均 $3.2 \pm 2.1 \times 10^5 \text{ cells m}^{-3}$ で、全細菌の $72 \pm 9\%$ を占めていた。これに対して、黄砂がない気団中には粒子付着細菌の濃度が $1.1 \pm 0.7 \times 10^5 \text{ cells m}^{-3}$ で、全細菌中に占める割合が $56 \pm 17\%$ であった。粒子付着細菌の生存率は、黄砂気団中では $69 \pm 19\%$ 、黄砂のない気団中では $60 \pm 22\%$ であり、どちらも同じ気団中の単独浮遊細菌の生存率（約 87%）よりかなり低かった。これらの事例結果は、アジア大陸に発生する黄砂が大量の細菌を運んでおり、その半分以上が生きている状態で黄砂とともに広域に拡散していることを示唆している。これは、黄砂と細菌の混合体として広域拡散することで雲の形成の核や地理的に隔離された微生物群集の架け橋として機能し、重

要な役割が果たされることを意味し、人間の健康に相乗的な影響を与える可能性もある。

以上の結果をまとめると、範春蘭氏の学位論文研究によりアンダーセンサンプラーを使用して浮遊細菌を含むエアロゾル粒子のサイズ別の濃度を測定する際に、採集フィルターからカウントした濃度を校正するスキームを検証・確立し、校正するガイドラインを提案した。その上、熊本県天草西岸で観測された総観気象パターン変化に応じた浮遊細菌のサイズ別の正確な濃度およびその乾性沈着を左右するサイズ範囲を報告した。さらに、アジア大陸から飛来してきた長距離輸送気団中において、黄砂がある時とない時の粒子に付着している浮遊細菌と単独に浮遊している細菌の濃度およびその生存率を明らかにした。

この学位論文研究では、新たな浮遊細菌に関する研究方法が確立され、浮遊粒子状物質中に細菌を含む粒子について、初めて総観気象パターン変化に応じたサイズ別の濃度変化を正確にとられ、浮遊粒子の乾性沈着による浮遊細菌の沈着フラックスを左右する粒子の大きさ範囲も明らかにされた。また、大陸性気団が飛来する際に、粒子に付着する細菌と単独で浮遊している細菌について、その濃度と生存率の定量評価を初めて行うことができた。これらの成果が、浮遊微生物が雲および降水過程を介して生態系の進化、気候変動、公衆衛生などに与える影響を評価する上で貴重な・独創的なデータであり、得られた情報は浮遊微生物の挙動とその地球環境の進化と変遷における働きに関する研究に大きく貢献するものと考えられる。以上のように、範春蘭君の研究は、博士（環境共生学）の学位に相応しいものと判定する。

主 査 熊本県立大学・教授 張代洲

最 終 試 験 の 結 果 の 要 旨

申請者氏名 範 春蘭

成 績 ・ 合 格

審査委員一同は、令和 5 年 2 月 2 日、本論文申請者に対し論文の内容および関連事項について試験を行った結果、博士（環境共生学）の学位を受けるに必要な学識を有する者と認め、合格と判定した。

(主査)県立大学 教 授 張 代洲



副 査 教 授 松崎 弘美



副 査 教 授 石橋 康弘

