

**最先端・次世代研究開発支援プログラム
事後評価書**

研究課題名	有機エアロゾルの超高感度分析技術の確立と応用に基づく次世代環境影響評価
研究機関・部局・職名	金沢大学・環日本海域環境研究センター・准教授
氏名	松木 篤

【研究目的】

黄砂や PM_{2.5} に代表される大気中の微粒子、いわゆる「大気エアロゾル」は地域的な保健大気環境の悪化をもたらすのみならず、太陽光を散乱・吸収し、雲が形成される際に水蒸気が凝結する核（雲凝結核・氷晶核）として働く重要な気候変動因子でもある。とりわけ雲を介した大気エアロゾルの間接的な気候影響は温暖化予測上のもっとも大きな不確定要素として認識されている。

大気エアロゾルを構成するケイ酸塩やその他の無機塩（硫酸塩、硝酸塩）が粒子中で互いにどのような混合状態にあるかについては比較的理解が進む一方で、有機物の混合状態については未解明な点が多い。一口に有機物といっても、疎水性や界面活性作用を示す様々なものが想定され、その働き如何によっては雲の生成を抑制、あるいは



雲の寿命を伸ばす作用など、無機成分のみでは説明できない雲凝結特性を示す粒子を作り出している可能性がある。

従来、粒子中に含まれる有機物の検出には大量の大気試料を必要とし、あらゆる大きさの粒子を長時間にわたってフィルター上にバルク採集し、分析する必要があった。本研究では、大気エアロゾルの粒子一つ一つに含まれるわずかな有機物でも検出が可能な、レーザー光を用いた超高感度分析技術の確立と応用を目指している。また、能登半島という東アジアに典型的な大気エアロゾルが観測できる地域の特色を最大限に活かしながら、有機エアロゾルの混合状態およびその環境影響（特に雲凝結特性）を明らかにすることを目的にしている。

有機エアロゾル 超高感度分析技術開発

従来の有機エアロゾル分析手法
バルク採集⇒抽出⇒クロマト分離⇒検出

特定の粒子に付着 → 元の混合状態不明

表面増強ラマン散乱 (SERS)
レーザー 鏡または金ナノ粒子
ガラス基板 検体 電場増強サイト

個別粒子レベルでの有機エアロゾル分析を実現！

大気エアロゾル特性化 と雲核能評価

(Spracklen et al., ACP 2011)

東アジア:
最もエアロゾル
濃い地域

95 WINTER
RAIN(mm)

北陸:
最も雲活動
活発な地域

金沢大学
能登スーパーサイト

地域の特色を活かして最先端研究拠点を形成！

【総合評価】	
	特に優れた成果が得られている
	優れた成果が得られている
	一定の成果が得られている
	十分な成果が得られていない

【所見】	
	総合所見
	<p>本研究課題は、顕鏡レーザーラマン分光法による個別のエアロゾル粒子の有機物の同定手法を確立し、それを実際の観測に応用してエアロゾルの影響評価を行うことを目的としているが、研究の進捗状況が報告書に明確に記載されていない。</p> <p>申請時の計画書には、下記の記載がある。</p> <p>I. 本計画では、顕微レーザーラマン分光法の応用により、従来のバルク分析手法では不可能だった個々の粒子レベルで有機物の同定が可能な超高感度分析技術を確立する。</p> <p>II. 東アジア地域に典型的なエアロゾルを採集し、新しい粒子個別分析手法を適用する。 この際、代表的な無機エアロゾル（黄砂、海塩、スス、硫酸塩粒子など）について、同一粒子中に有機物（タンパク質、PAH、HULIS）の混入が認められるのか（内部混合）、あるいはそれぞれの成分が別々に粒子を構成して（外部混合）存在しているのかを明らかにする。</p> <p>III. エアロゾル中に無機と有機成分の内部混合が認められた場合、その組み合わせについて気候学・環境学的見地から影響評価を行う。例えば、(i)硫酸塩粒子中に HULIS が認められた場合、-Köhler 理論に基づいて内部混合による吸湿特性の変化を定量数値化する。(ii)黄砂粒子上に PAH が認められた場合、それは発ガン性の強いニトロ化 PAH なのかといった潜在的な健康リスクの検証、など。</p> <p>しかしながら、報告書の目的に上記のような具体的な目的が記載されていない。また、</p>

結果も抽象的な記載にとどまっており、Iの超高感度分析を除けば、どこまで結果が得られたか不明確である。また、この分析も実大気試料の分析に至っていないため、評価が困難である。

目的の達成状況

・所期の目的が（ 全て達成された ・ 一部達成された ・ 達成されなかった）

本研究課題は、レーザーラマンによる微粒子の有機物分析と、雲凝結特性に対する有機物の効果の解明が目的であった。しかしながら、研究成果と示されているものの多くは従来のバルク法による成果に過ぎない。粒子の個別同定法の進展に関しては“立ち上げを行い”“改良・最適化を図った”のみであり、個別粒子における有機物の超高感度分析技術の確立がどの程度進んだかが不明である。

研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が（ ある ・ ない）

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が（ 創出された ・ 創出されなかった）

・当初の目的の他に得られた成果が（ ある ・ ない）

当初目的としたレーザーラマン測定に関して具体的な進捗が明らかでないため、先進性・優位性があるとは判断できない。

研究成果として示されている有機物が占める割合の重要性に関しては、全球で行われた Zhang et al (2007)の結果に新たに能登での結果を加えたものであり、新規性は乏しく、本研究の主目的である個別同定の結果でもない。また、計画では、その有機物の組成がエアロゾルの特性に大きく寄与するとしているが、組成に関する分析結果が示されていない。微粒子の雲の作りやすさへの影響も、吸湿性から有機物が多いことが想定されるという結果を基にした判断であり、それ自体に先進性はない。

研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が（ 見込まれる ・ 見込まれない）

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が（ 見込まれる ・ 見込まれない）

有機物分析が進捗すれば、現在、温暖化予測で最も大きい不確定要因となっているエアロゾルの評価が進展し、生物地球科学、地球環境学などに大きな波及効果が期待できる。また、エアロゾル観測拠点としての能登ステーションは、本研究計画による測定機器の充実やキャンペーンの実施など、世界の観測拠点としての存在感を増している。

他研究機関との共同研究が進展し、研究ハブとしての研究機関の活用が進んでいる

ことは一つの成果であるとは認められるが、本研究の主要目的である粒子毎の有機物組成判別やその応用による環境影響評価が基盤となった進展ではない。

温暖化予測の精度向上は社会的、経済的ニーズであり、当初目的が達成されれば大きな貢献となる。また、越境汚染などをモニタリングする拠点としての能登ステーションも社会的ニーズと言える。

研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが（ 行われた ・ 行われなかった ）

主要な目標であるレーザーラマン分析の進捗が十分とは判断できず、適切な進捗マネジメントが行われたとは思われない。また、初期に提示した他の課題の検討状況も、報告書からは読み取れない。