

1 地球環境保全等試験研究費〔地球環境保全試験研究費（地球一括計上）〕

研究課題	光吸収性エアロゾルの監視と大気・雪氷系の放射収支への影響評価―地球規模で進行する雪氷圏融解メカニズムの解明に向けて―
研究期間	平成 29 年度～令和 3 年度（5 年計画第 5 年度）
担当者	[気象予報研究部] ○大河原望、庭野匡思、谷川朋範 [全球大気海洋研究部] 大島長、梶野瑞王、足立光司 [気候・環境研究部] 保坂征宏、（連携）田中泰宙 [気象観測研究部] 石元裕史
目的	気候変動に対して最も脆弱な地域である雪氷圏変動に、大きな不確定要素となっている大気と積雪中の LAA（光吸収性エアロゾルならびにそれが沈着した積雪不純物）と地球温暖化に伴う積雪粒径の変化が大気-雪氷系の放射収支や融雪過程に与える影響を評価するため、主に国内の地上観測と東アジアと北極域における衛星リモートセンシングによって大気と積雪中の LAA 変動、その性状変化、積雪アルベドに大きな影響を持つ積雪粒径の変化を監視する。また、LAA の発生・輸送・沈着過程と積雪変質過程を含んだ領域モデルと地球システムモデルによって、LAA の主要な発生源である東アジアと最も影響を受けやすい北極域における LAA 分布、積雪粒径変化、大気-雪氷系の放射収支量、融雪過程に与える影響を評価する。
目標	①地上観測、②衛星リモートセンシング、③数値モデルの3つの手法によって、大気と積雪中の LAA 及び積雪粒径の監視と、それらが大気-雪氷系の放射収支や融雪過程に与える影響評価を行う。 ①主に国内の連続観測地点でそれぞれ積雪と大気中の BC、有機炭素 (OC)、鉍物性ダスト等 LAA 成分の連続測定を行い、これまでのデータと結合することで、国内の LAA の長期監視データを作成する。継続に伴う長期化に加え、多点化、観測要素の追加 (LAA 形状等)、観測装置の高精度化・多様化等により、監視をより充実させる。 ②衛星リモートセンシングによって地球温暖化と LAA の影響を広域で監視する。高精度の光散乱粒子モデルを開発し、MODIS データのある 2000 年以降の、主にグリーンランドにおける積雪中 LAA 及び、積雪粒径の時空間変化を監視する。また、日本付近では東アジア域における大気中 LAA の時空間変化を MODIS 及び気象衛星のひまわり 8 号のデータから監視する。長期化に加え、高精度化、複数の衛星の活用により、監視をより充実させる。 ③数値モデルでは東アジアと北極域における温暖化と LAA の影響を評価するため、LAA の発生・輸送・沈着過程を組み込んだ気象庁非静力学領域気象化学モデル (NHM-Chem) と LAA 過程及び積雪変質過程を組み込んだ気象研究所地球システムモデル (MRI-ESM) (Yukimoto et al., 2012) を利用し、LAA が大気及び積雪中に存在したとき、それらが大気-雪氷系の放射収支に与える定量的効果を見積もる。
研究の概要	①地上地点観測：札幌、つくば（大気）、長岡等の連続観測地点でそれぞれ積雪と大気中の BC、有機炭素 (OC)、鉍物性ダスト等 LAA 成分の連続測定を行うことにより、過去数年分の同データに継続して国内の LAA の監視を実施する。また国内外において、一定期間集中的に積雪域で鉛直積雪サンプリングを実施することにより、冬期間積雪中に蓄積された LAA 変化を復元する（機動観測）ことで監視を行う。積雪中の LAA 形状等、これまでは観測してこなかったが気候変動への影響因子になりうるものがわかったものの監視も開始する。また、より優れた観測装置・分析装置の開発を行う。 ②衛星リモートセンシング：アルゴリズムの改善を行いつつ、それをを用いた広域・長期の監視を行う。LAA や積雪粒子の形状を反映させることで、精度向上をはかる。海水の放射スキームの作成を図り、海水域を含むより広域の監視を目指す。改良されたアルゴリズムを用いて、MODIS、ひまわり、平成 30 年度に打ち上げ予定の GCOM-C 等の衛星データから、大気と積雪中の LAA 及び積雪粒径等の監視を行う。 ③モデル：必要なプロセスの入った領域ならびに全球モデルを、①②等で得られた観測をもとに検証しつつ改良し、それらを用いて監視すると同時に、感度実験等によるメカニズム解明・影響評価を行う。日本国内及び東アジア域では NHM-Chem を利用し、地上観測から得られた実測値で検証を行うと共に、NHM-Chem と結合した積雪変質モデル (SMAP) (Niwano et al., 2012; 2014) で融雪への影響を評価する。北極域

	<p>の広域では MRI-ESM を利用し、グリーンランドでは NHM-Chem と SMAP の結合モデルを用いて、LAA による大気加熱効果、日傘効果、LAA の積雪中への沈着と温暖化に伴う積雪粒径増加によるアルベド低下効果及び融雪過程をそれぞれ見積もる。</p>
研究の有効性	<ul style="list-style-type: none"> ・地点観測やリモセンにより、大気中ならびに積雪中の LAA 濃度、積雪粒径等の物理量に関する、より長期、より多点（地上観測）、より広域（リモセン、モデル）で、これまで分析されてこなかった情報（エアロゾルの粒子形状、混合状態等）も含めたデータセットができる。国内及び北極域における雪氷汚染の実態把握が進み、BC 等の排出規制のための根拠となるデータの提供にもつながる。 ・衛星リモセンのアルゴリズムが、検証やアルゴリズムの改良を通じて、より高精度化される。今後の衛星による、高精度の広域監視データにつながる。 ・観測データを用いたモデルの検証、それに基づくモデルの改良を通じて、気候モデルによる雪氷圏の将来気候予測精度の向上につながる。 ・モデルによる数値実験により、特に積雪モデルの結果の解析から、アルベド低下や融雪に対する積雪中 LAA の寄与や温暖化に伴う積雪粒径増加のメカニズムが明らかになり、雪氷圏への影響を定量化することができる。 ・東アジア及び北極圏における数値計算の解析から、LAA の輸送・積雪汚染に関わる実態を解明することができる。特に、大気中 LAA による大気加熱や、LAA ・積雪粒径変化による大気・雪氷系の放射収支と融雪等に与える影響の定量的に評価できる。これは極域のアイス・アルベド・フィードバックや温暖化増幅メカニズムの解明に貢献する。また、今後監視を強化すべき地域を示すことができる。
令和3年度実施計画	<p>①地上観測による監視 札幌、つくば（大気）、長岡等の連続観測地点でそれぞれ積雪と大気中の BC、有機炭素（OC）、鉱物性ダスト等 LAA 成分の連続測定・LAA の監視を継続する。 積雪サンプル並びに大気中の LAA の形状分析をさらに進める。積雪・海氷モデルの改良を進め、モニタリングに活用する。研究成果の取りまとめを行う。</p> <p>② 衛星リモートセンシングによる監視 LAA 不純物量と積雪の形状を改良したアルゴリズムを用いた、複数衛星（MODIS、しきさい、ひまわり）による長期・広域の雪氷情報の作成を進め、衛星雪氷プロダクトを用いた監視結果について取りまとめを行う。</p> <p>③ 数値モデルによる影響評価 NHM-Chem-SMAP を用いた東アジア域・北極域における LAA 濃度や積雪粒径が大気・雪氷系の放射収支や融雪量等に与える影響評価結果について取りまとめを行う。 地球システムモデルによる感度実験・影響評価結果について、取りまとめを行う。</p>