



北海道大学
HOKKAIDO UNIVERSITY

2025年1月30日

81mのアイスコアから 145 年間のエアロゾルの変動を解析 ヒマラヤ山脈が大気汚染物質の輸送パターンを分断

【本研究のポイント】

- ・氷の試料「アイスコア」中の硝酸イオンとカルシウムイオンの季節変動から、145 年分の年代を決定。
- ・1883 年のクラカタウ火山噴火や 1963 年の核実験シグナルを検出し、年代の正確性を確認。
- ・アイスコアの相互比較により、ヒマラヤ山脈の南面と北面で大気中を漂う微粒子「エアロゾル」の変動パターンが異なることを発見。
- ・春季の気圧配置の違いが、この南北差を生み出している可能性を指摘。
- ・ヒマラヤ山脈による大気の流れへの影響が、これまで考えられていた以上に複雑であることを示唆。

【研究概要】

名古屋大学大学院環境学研究科の藤田 耕史 教授を中心とする研究グループは、ネパール・ヒマラヤのランバウ氷河(標高約 6000m)から採取した 81m のアイスコアを分析し、1875 年から 2019 年までの過去 145 年間のエアロゾルの変動を復元しました。

1990 年代に近隣のヒマラヤ北面で掘削されたアイスコアとの比較により、北大西洋振動(NAO)や南方振動(SOI)などの気候変動の指標とエアロゾルとの関係が、南北のアイスコアで逆のパターンを示すことを見出しました。これにより、わずか 40km 離れただけの場所であっても、ヒマラヤ山脈の南面と北面では、大気汚染物質の輸送パターンが大きく異なることが明らかになりました。

本研究は 2025 年 1 月 23 日(日本時間)付、地球科学分野の国際誌「Journal of Geophysical Research: Atmospheres」に掲載されました。



2019年11月のアイスコア掘削の様子。背景にエベレストが見える。

【研究背景と内容】

ヒマラヤ山脈は急速な経済発展を遂げる南アジアに近いため、アイスコアに含まれるエアロゾルを分析することで、産業革命以降の人為起源物質の長期的な変動の復元が期待できます。一方で、この地域は夏季にインドモンスーン、冬季に西方擾乱(西からやってくる低気圧)の影響を受けつつ、ヒマラヤ山脈が大気に対する障壁となるため、アイスコア中のエアロゾルの濃度は、排出源での増減のほか、大気の流れの変化にも大きく影響を受けると考えられています。このため、ヒマラヤのアイスコアは貴重なアーカイブとして注目されていますが、これまでに、アプローチが比較的容易な北面(チベット側)で二本のアイスコアが掘削されているものの、急峻地形に阻まれる南面では、産業革命の時期までさかのぼることができるような長いアイスコアが掘削されていませんでした。

本研究グループは、2019年11月にネパール・ヒマラヤのロールワリン地域にある、トランバウ氷河の5860m地点にて、全長81mのアイスコアを掘削しました(図1)。アイスコアは凍った状態のまま日本まで輸送され、北海道大学低温科学研究所の低温室に保管されました。その後、低温室内で5cm間隔に分割し、試料周囲の汚れを除去した上で融解し、イオン成分濃度を分析しました。

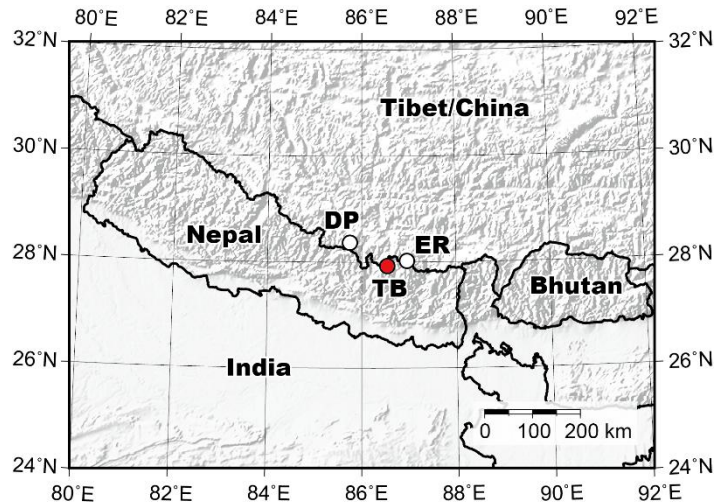


図1 トランバウ氷河(TB)及び他のアイスコア掘削地点(DPとER)

アイスコア中の成分がいつの時代に氷河上に堆積したかを知るために、顕著な季節変化をする硝酸イオンとカルシウムイオンに着目し(いずれも冬季に増える)、年代スケール(深度と年代の関係)を構築しました。年代スケールは、1883年のクラカタウ火山噴火による硫酸イオンのピークや1963年の核実験シグナルであるトリチウム濃度のピークと比較することで検証し、 ± 1 年程度の誤差であることがわかりました。以上の解析により、このアイスコアには、1875年から2019年までの過去145年間の情報が含まれていることが明らかになりました。

年平均濃度に整理した各種イオン成分を、エベレスト山北面にて掘削されたアイスコアの結果と、ジェット気流の配置に影響を与える北大西洋振動(NAO)やモンスーンの強度に影響を与える南方振動(SOI)などの気候変動の指標と比較したところ、わずか40kmしか離れていないにも関わらず、南面(本研究)と北面のイオン成分は、気候指標に対し相反する関係を示すことがわかりました(図2)。

この対照的な関係の原因を探るべく、気候再解析データと気候変動の指標との関係を解析したところ、チベット高原上における春季の気圧配置がヒマラヤ山脈を境に大きく変化していることがわかりました(図3)。

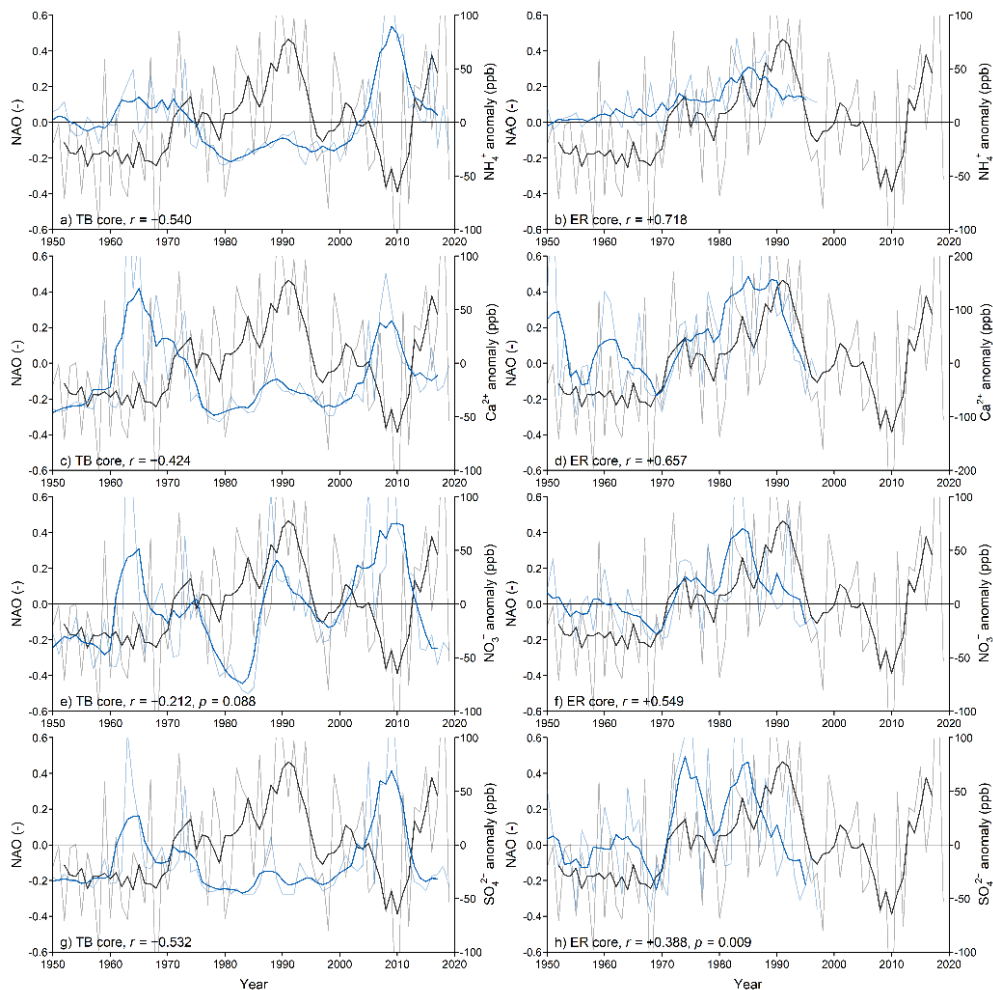


図 2 各種イオン濃度(青)と北大西洋振動(NAO、黒)の比較

左側が本研究のトランバウ氷河のアイスコア、右側がエベレスト北面のアイスコア。上からアンモニウム、カルシウム、硝酸、硫酸の各イオン。細い線は年平均、太い線は5年移動平均。トランバウのイオンはNAOと逆相関であるのに対し、エベレストのイオンは正相関を示す。

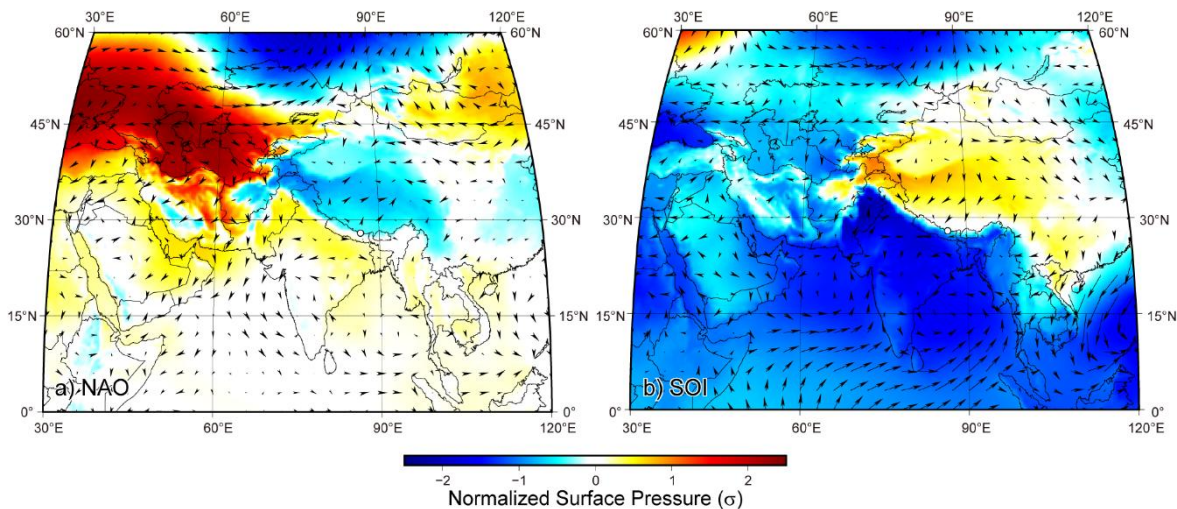


図 3 北大西洋振動(NAO、左)と南方振動(SOI、右)に対する、春季の気圧配置偏差。暖色系が正、寒色系が負の偏差を示す。トランバウ氷河(○)を含む、ヒマラヤ山脈に正負の境界がある。

【成果の意義】

本研究は、南面と北面のアイスコアを比較することで、ヒマラヤ地域におけるエアロゾルの輸送メカニズムの理解に重要な知見を提供しました。特に、ヒマラヤ山脈が大気の流れに与える影響が、これまで考えられていた以上に複雑であることが示唆されました。今後は、より多くの、特に南面からのアイスコアを取得し、分析することで、アジアの大気環境変動の全体像を解明したいと考えています。

本研究は文部科学省・日本学術振興会の科学研究費助成事業(JP17H01621, JP18H05292, JP22H00033, JP23H00511)、文部科学省の北極域研究加速プロジェクト II(ArCS II:JPMXD1420318865)、環境省の地球環境保全試験研究費(MLIT1753, MLIT2253)、北海道大学低温科学研究所の共同研究(20G047, 21G034, 22G029, 23G053)、国立極地研究所の共同研究(3-8, 30-14)などの助成を受けて実施されました。

【論文情報】

雑誌名:Journal of Geophysical Research: Atmospheres

論文タイトル:Contrasting Responses of Ion Concentration Variations to Atmospheric Patterns in Central Himalayan Ice Cores

著者: 對馬 あかね(長崎大学 大学院総合生産科学研究科 技術職員)

江刺 和音(名古屋大学 大学院環境学研究科 地球環境科学専攻 博士後期課程学生)

的場 澄人(北海道大学 低温科学研究所 助教)

飯塚 芳徳(北海道大学 低温科学研究所 准教授)

植村 立(名古屋大学 大学院環境学研究科 地球環境科学専攻 准教授)

足立 光司(気象研究所 全球大気海洋研究部 第三研究室 主任研究官)

木名瀬 健(海洋研究開発機構 北極環境変動総合研究センター ポストドクトラル研究員)

平林 幹啓(国立極地研究所 アイスコア研究センター 特任助教)

川上 薫(北海道大学 低温科学研究所 博士研究員)

Rijan B. Kayastha(カトマンズ大学 理学部 教授)

藤田 耕史(名古屋大学 大学院環境学研究科 地球環境科学専攻 教授)

DOI: 10.1029/2024JD042392

URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2024JD042392>

【研究者連絡先】

名古屋大学大学院環境学研究科

教授 藤田 耕史(ふじた こうじ)

TEL:052-789-3488

E-mail: cozy@nagoya-u.jp

Press Release

北海道大学低温科学研究所
准教授 飯塚 芳徳(いづか よしのり)
助教 的場 澄人(まとば すみと)
TEL:011-706-7351
E-mail: iizuka@lowtem.hokudai.ac.jp

【報道連絡先】

名古屋大学総務部広報課
TEL:052-558-9735 FAX:052-788-6272
E-mail: nu_research@t.mail.nagoya-u.ac.jp

北海道大学 社会共創部 広報課 広報・渉外担当
TEL:011-706-2610 FAX: 011-706-2092
E-mail: jp-press@general.hokudai.ac.jp