

グリーンランド南東ドームアイスコアの近赤外線反射率測定 Near infra-red reflectance of southeast dome ice core, Greenland

柴田 麻衣 (北海道大学大学院環境科学院), 山口 悟 (防災科学技術研究所),
藤田 耕史 (名古屋大学大学院環境学研究科), 安達 聖 (防災科学技術研究所),
安藤 卓人 (北海道大学北極域研究センター), 藤田 秀二 (国立極地研究所),
堀 彰 (北見工業大学工学部社会環境工学科),
青木 輝夫 (岡山大学大学院自然科学研究科), 飯塚 芳徳 (北海道大学低温科学研究所)
Mai Shibata, Satoru Yamaguchi, Koji Fujita, Satoru Adachi, Takuto Ando,
Shuji Fujita, Akira Hori, Teruo Aoki and Yoshinori Iizuka

1. はじめに

グリーンランド氷床は地球上の氷床の中で 2 番目に大きい氷塊である。グリーンランド氷床の中でも南東ドーム地域 (67.18 N, 36.36 W, 標高 3,170 m) は年涵養量が大きく, この地域で掘削されたアイスコアからは高時間分解能な年代に基づいて古環境を復元できる¹⁾。また, 涵養量が多いため, 積雪堆積後の圧密氷化過程がグリーンランドの他の地域とは異なり, 同じ荷重で変形しやすい特徴を持つ²⁾。なぜ変形しやすいのかを知る手掛かりの一つとして, アイスコアの積雪構造を把握し, 荷重に対する積雪の変態過程を精査することがあげられる。近赤外線反射率は積雪の比表面積の指標となることが知られており³⁾, 比表面積や積雪粒径の深度変化を非破壊で連続に追跡できる。本研究では, グリーンランド南東ドーム地域のアイスコアの近赤外線反射率を測定し, すでに公表されている X 線密度データ²⁾と比較することで, 高涵養域のアイスコアがなぜ変形しやすいのかを比表面積や積雪粒径から考察する。

2. 試料と分析

2015 年に採取された南東ドームアイスコアは約 90 m 長で 189 セクションあり, 過去 60 年間の環境変動を追跡できる²⁾。近赤外線反射率測定はアイスコアをセクションごとに白色光が均一に当たるように撮影台 (全長 1 m) に設置し, 近赤外波長 (850 - 950 nm) を受光するフィルターを取り付けたカメラで撮影した。撮影の際にスタンダード (Labsphere 社製スペクトラロン反射ターゲット) を同時に測定することでアイスコアの近赤外線反射率を定量化した。アイスコアの割れ目では近赤外線反射率が下がるため, 割れ目のある深度のデータを取り除いた。本稿では 189 セクションのうち深さ 7.5 m のセクション (7.22 - 7.70 m) の 5 mm 平均値近赤外反射率データを考察する。この深さ 7.5 m のセクションは 2012 年の夏のグリーンランド全面融解の年代に相当し, 氷板が存在する。

3. 結果と考察

図 1 に南東ドームアイスコアの深さ 7.5 m のセクションの可視光透過写真, 近赤外線反射率と密度の深度プロファイルを示す。写真を見ると, 7.41 m (図 1 点線) で透過光の違いがみられ, より浅部 (7.22 - 7.41 m) ではしまり雪, 深部 (7.41 - 7.68 m) ではざらめ雪の雪質であり, 7.63 - 7.66 m には氷板が確認された。これらに対応するように密度も変化している。浅部 (7.22 - 7.41 m) では $505 \pm 24 \text{ kg m}^{-3}$ の範囲でほぼ一定の変化をしていたのに対して, 深部 (7.41 - 7.68 m) では $416 \pm 69 \text{ kg m}^{-3}$ で幅広く変化し, かつ浅部よりも低密度を示した。これは, ざらめ層から融解水が流れ出て, 7.63 - 7.66 m の氷板形成に使用されたと考えられる。

近赤外反射率は浅部 (7.22 - 7.41 m) では $69.8 \pm 1.4 \%$ の範囲でほぼ一定の変化をしていた

のに対して、深部 (7.41–7.68 m) では $66.2 \pm 4.9\%$ の範囲で幅広く変化し、かつ浅部よりも低い。反射率の低さはざらめ雪へと雪質が変化した際にフィルムの焼結が進行して接触部分が太くなり、粒子間の結合が強くなり比表面積が減少したためと考えられる。このセクション全体でみると密度と近赤外反射率は正の関係を示しているが、深部 (7.41–7.68 m) のざらめ層に着目すると逆の傾向を示す。これはざらめ雪が層内で高密度化している部分でフィルムの結合が強くなっていることを示唆している。また、氷板 (7.63–7.68 m) では近赤外反射率は 45.1% まで低下した。

これらの傾向は、写真ではしまり雪とざらめ雪の判別が難しいアイスコアの深部で密度と近赤外反射率の特徴を利用して雪質やフィルムの結合の強さを追跡できることを示唆する。今後、過去 60 年間のざらめ層を検出することで、南東ドーム地域における氷板だけではない融解の履歴を追跡する。

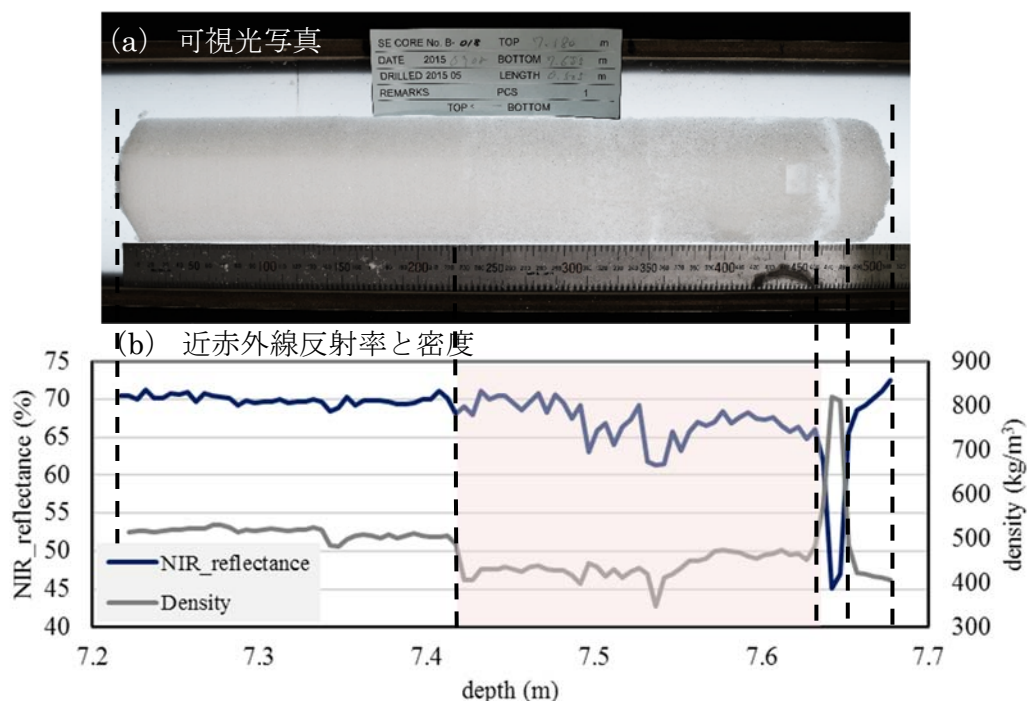


図 1 (a) 7.5 m のアイスコアの可視光写真,
(b) 7.5 m のアイスコアの近赤外線反射率 (%) と密度 (kg m^{-3}) の深度プロファイル

4. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18H05292, JP26257201, JP16H01772 と一部 ArCS (Arctic Challenge for Sustainability Project) から助成をいただき行った。

【参考・引用文献】

- 1) Iizuka, Y., et al., 2018: A 60 year record of atmospheric aerosol depositions preserved in a high-accumulation dome ice core, Southeast Greenland, *Journal of Geophysical Research*, **123** (1), 574-589.
- 2) Iizuka, Y., et al., 2017: A firn densification process in the high accumulation dome of Southeastern Greenland, *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, **49** (1), 13-27.
- 3) Aoki, T., et al., 2003: Effects of snow physical parameters on shortwave broadband albedos, *Journal of Geophysical Research*, **108** (D19), 4616.