

山間部の夜間の気温は森林の開葉・落葉の影響を受けている

夜間の気温逆転（NTI）は山岳域の局地気候を特徴づける重要な因子です。中部日本におけるほとんどの山岳斜面は森林で覆われていますが、森林の開葉・落葉が山間部の盆地内で生じる NTI に及ぼす影響は解明されていません。

本研究では、長野県菅平高原の標高 1320m に位置する混交林で、3 年間にわたり葉面積指数（LAI）を観測し、菅平盆地で夜間に形成される冷気湖（冷気が盆地や谷間に滞留している状態）に伴う NTI 強度と比較したところ、盆地内の NTI は、開葉に伴い弱化し、落葉に伴い強化することが明らかとなりました。また、数値標高・土地利用データを用いて、夜間冷気流が生じる流域内の落葉・混交林の分布を特定し、有効積算気温に基づいて推定した開葉・落葉時期は、NTI が変化する時期とほぼ一致しました。微気象（地表付近の大気現象）観測によると、森林内での地表面付近の NTI と近隣草原での斜面下降風は、放射冷却が卓越した落葉期夜間に強化しました。さらに、冷気湖の発達に必要な大気からの熱量損失を試算し、冷気を涵養する流域内の単位森林面積当たりの熱フラックスに換算したところ、従来の陸面熱収支研究で明らかにされてきた森林の貯熱フラックスを下回ることが分かりました。つまり、森林の開葉・落葉に伴う貯熱量変化は、冷気湖の発達・衰退を生じるのに十分であることが、簡易的な熱量計算により示されました。

研究代表者

筑波大学生命環境系

上野 健一 准教授

研究の背景

晴天夜間の放射冷却に伴い生じる冷気流（重力流）は、山間部の窪地で冷気湖^{注1)}を形成し、山岳域特有の気候を形成します。冷気湖とそれに伴う夜間の気温逆転^{注2)}に関する物理過程の研究は数多くあり、冷気湖は、放射冷却が発達しやすい晴天夜間で、上空の風が弱い日に発達しやすいと言われてきましたが、山岳斜面の森林フェノロジー^{注3)}の影響に着目した観測は、ほとんど行われていません。

本州山岳域は広く森林に覆われ、中部山岳域ではカラマツ林に代表される落葉樹が多くの面積を占めています。筑波大学山岳科学センター・菅平実験所が位置する菅平高原では、盆地底に位置する気象庁アメダスの気温データと実験所の気温データの差から、通年で冷気湖の強度変化を測定することが可能です。また、実験所混交林には観測タワーが設置され、これを利用して林内外の微気象や葉面積変化を通年で把握することができます。そこで、これらの山岳気象観測体制を生かし、森林の開葉・落葉が冷気湖の発達とどのような関係にあるのかを、2018～2020年の3年間にわたり観測しました。

研究内容と成果

本研究では、まず、アメダスと実験所の気温差がどのように日・季節変化するかを調べました（図1）。その結果、夜間の気温差が弱化する（図中の青色の領域が消える）期間が、暖候期に生じる事が分かりました。これは、この期間に冷気湖の強度が弱まることを示しています。次に、実験所における積雪深と混交林内で測定されている葉面積指数（LAI）^{注4)}を比較したところ、気温差の変化が生じるタイミングは、積雪の有無ではなく、森林の開葉・落葉時期と一致することが分かりました（図1中、赤マーク）。気温減率と有効積算気温^{注5)}から試算された、冷気流の流域における森林の開葉・落葉時期も、ほぼこの時期と一致しました。これは、山岳斜面の森林のフェノロジーが盆地内の冷気湖形成に重要な役割を果たしていることを示唆しています。また、山岳斜面での気流場を把握するために、実験所の森林内外で微気象観測^{注6)}を行ったところ、開葉（落葉）とともに林外の斜面下降流が弱体化（強化）し、同時に冷気湖が弱体化（強化）することが分かりました（図2）。さらに、春季落葉期間と夏季開葉期間で夜間静穏晴天日をそれぞれ22日、30日分抽出し、冷気湖の発達のために大気から損失する熱量を推定したところ、森林域で換算した熱フラックス^{注7)}は、開葉期に比べて落葉期が 3.8W/m^2 多く損失し、従来の研究で推定されている森林の貯熱フラックス（数 10W/m^2 ）より少量と試算されました。これは、開葉に伴う森林の貯熱量増加が夜間の放射冷却量を相殺し森林の地表面で生じる重力流を弱めていることを示唆しています。

今後の展開

山岳域における生活圏はほとんどが低地に集中し、山岳域を代表する定点気象観測も盆地や谷底で実施されています。森林の開葉・落葉はこれらの観測結果にも定常的に影響を及ぼしている可能性があります。今後、菅平高原の下流に広がる上田盆地にかけた観測を実施し、より広域で本州内陸における夜間気温の季節変化と開葉・落葉の関係を明らかにしていく予定です。

参考図

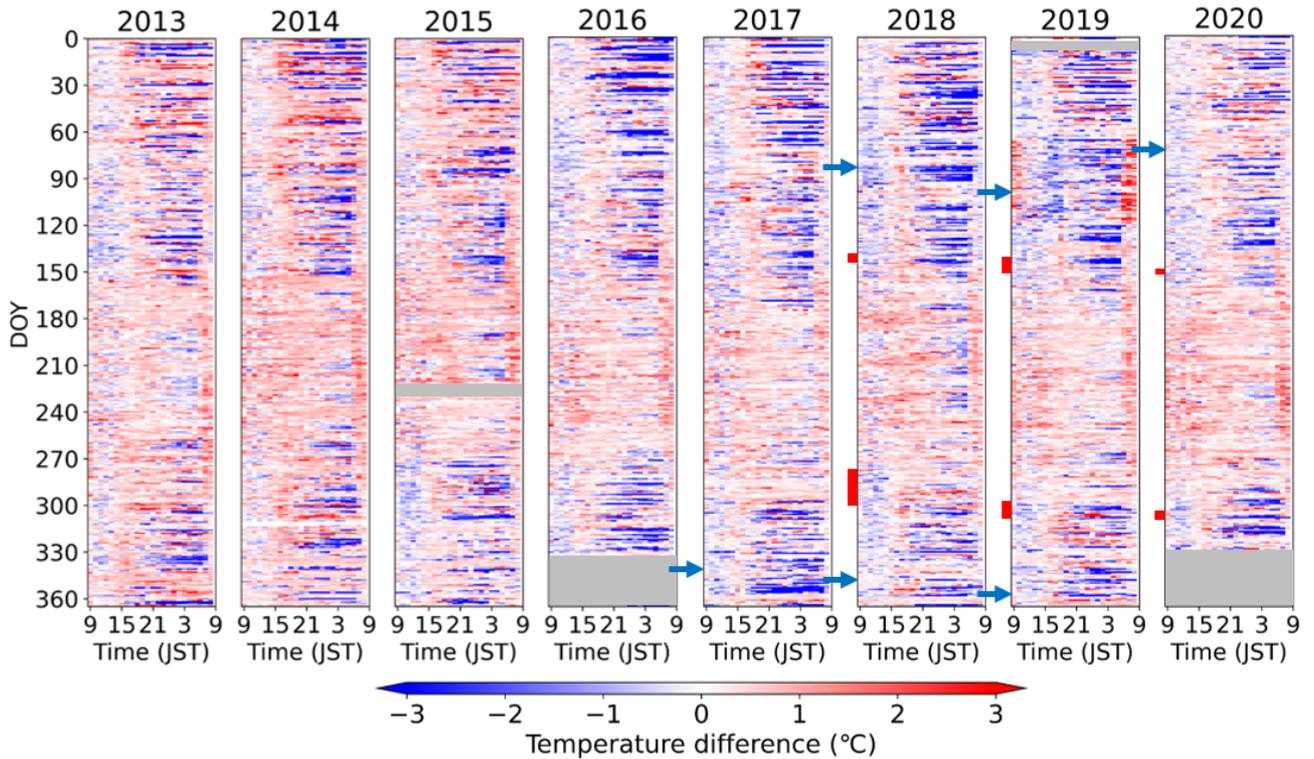


図1 菅平盆地の夜間気温逆転強度の季節変化。青い着色域が、夜間に冷気湖の発達を示し、赤い縦棒がその年の菅平実験所内の森林で観測された開葉・落葉時期を、青矢印が積雪の発生・消滅時期を示す。DOY (Day of year) は1月1日から何日目かを示す。

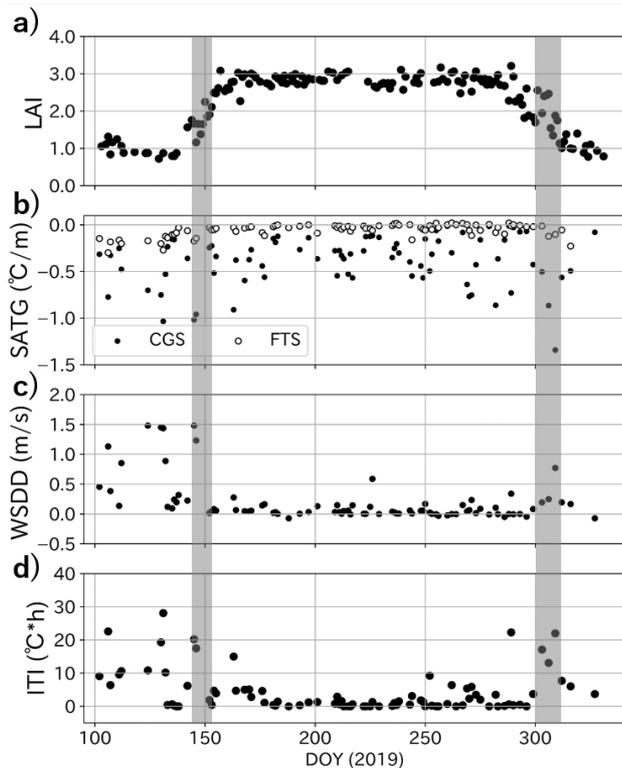


図2 a)森林内の葉面積指数 (LAI)、b)森林内 (FTS) と森林外 (CGS) における接地気温勾配^{注8)}、c) 森林外における夜間斜面下降風速、d)菅平盆地における冷気湖強度^{注9)}、の季節変化。

用語解説

注1) 冷気湖

冷気が、盆地や谷間に湖のように滞留したもの。

注2) 夜間の気温逆転

夜間に冷たい冷気が窪地にたまり、下層ほど気温が下がる現象。

注3) フェノロジー

季節に依存した生物活動、生物季節。

注4) 葉面積指数

植生群落の葉の総面積が単位面積に占める割合。

注5) 有効積算気温

気温を任意の期間に関して、基準気温以上となった分だけ積算した値。

注6) 微気象観測

接地気層内での数 100m 規模の気象観測。

注7) 熱フラックス

単位面積を単位時間あたりに通過するエネルギー量。

注8) 接地気温勾配

地上付近の異なる 2 高度で測定された気温差をセンサー間の距離で除した値。負の値は下層が上層より低温であることを示す。

注9) 冷気湖強度

日没から日の出の期間中に、盆地底での気温から山岳斜面で気温を差し引いた気温差が正となる時刻の値を積算したもの。

研究資金

本研究は、筑波大学山岳科学センター・機能強化プロジェクトの資金支援を受けて実施しました。

掲載論文

【題名】 Development of a nocturnal temperature inversion in a small basin associated with leaf area ratio changes on the mountain slopes in central Japan

【著者名】 楠健志（研究当時：筑波大学大学院生命環境科学研究科、現：野村総合研究所）、上野健一（筑波大学生命環境系）

【掲載誌】 Journal of the Meteorological Society of Japan 100 巻（日本気象学会機関誌）

【掲載日】 2022 年 8 月 25 日（オンライン先行公開）

【DOI】 10.2151/jmsj.2022-047

問合わせ先

【研究に関すること】

上野 健一（うえの けんいち）

筑波大学生命環境系 准教授

URL: <https://www.geoenv.tsukuba.ac.jp/~water/>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報室

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp