

筑波山の自然環境を知ろう！

環境教育の現場 — 斜面温暖帯の観察 —

生命環境科学研究科 講師 植田 宏昭

1. 斜面温暖帯とは

筑波山の西側斜面では、古来より在来種のフクレ(福来)みかんが自生し、昭和30年代からは観光を主目的とした温州みかんの栽培が行われています(写真1)。一般にミカンの栽培条件は、年平均気温が15℃以上であること、さらに最寒月の最低気温



写真1 一般的な温州みかん(上)とフクレみかん(下)

が氷点下1℃以上であるとされています。そのため、四国や東海地方など、暖流が日本列島を洗う太平洋沿岸はみかんの一大産地になっています。ではなぜ、筑波山でみかんを栽培できるのでしょうか。その鍵は、冬季に発達する逆転層、山岳上を流れる冷気流、そして上空から降りてくる下降気流にあります。その様子について模式図を使って説明したいと思います(図1)。

一般に気温は上方ほど低くなり、100mにつき約1℃近く温度が下がります。これを気温減率といいます。ところが、夜間から早朝にかけてよく晴れた場合、言い換えると雲がない場合には、地表の熱が宇宙空間に盛んに放熱され、地表付近の気温は低下します(放射冷却)。結果として地表から上空に行くに従って気温が上昇する

大気層が出現します。通常に比べて気温減率の傾きが反対になっているので、この大気層のことを逆転層と呼んでいます。逆転層内は相対的に冷たく重い空気の上に暖かく軽い空気が乗っている状態ですので、大気は上下方向にかき混ぜりにくく安定になります。つまり鉛直方向の循環が弱くなります。そのため、逆転層内で放出された大気汚染物質などは逆転層内に閉じ込められています(写真2)。

次に逆転層が関東平野一帯に発達し、そこに筑波山があった場合について考えてみましょう。再び図1をご覧ください。みかん園のある山の中腹は逆転層の頂部にあたるため、気温が麓に比べて暖くなることは容易に想像されます。しかしよく考えてみると、山の斜面は宇宙空間から見れば地表です。つまり放射冷却によって斜面上の気温は本来であれば低くなるはずですが、斜面の気温が下がらないのでしょうか。山の地表付近に形成された冷たく重い空気は、地面が傾いているので重力に従って斜面上を麓へと流れ出します。この斜面上の気流のことを冷気流と呼び、平野部では冷気流が溜まった冷気湖が形成されます。筑波山の西側斜面は段差などの大きな障害物がなく、なだらかな山容であるため冷気流が発生し易いと考えられています。つまり、地形的にも斜面温暖帯の形成に有利な条件を備えているわけです。

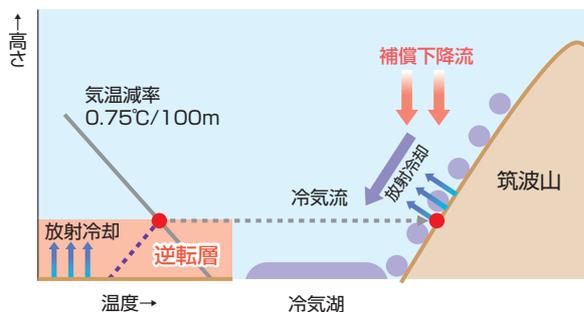


図1 斜面温暖帯の概念図。左側は気温減率と逆転層の説明、右側は山の斜面が逆転層内にあった場合の気象状態を模式的に示している。



写真2 12月の早朝6時頃撮影。野焼きの煙が逆転層の最上部を水平方向にたなびいている。

最後に下降流の効果について紹介しておきたいと思います。冷気流が発生すれば、どこからか流れ出た空気を補う必要があります。山からは空気は湧いてきませんので、残りは上空からということになります。この補償流が生じると、空気が圧縮されるため気温が上昇します。専門的には断熱圧縮現象と呼ばれていますが、鉛直流の観測が困難なことから、现阶段では仮説の域を出ないことを付記しておきます。

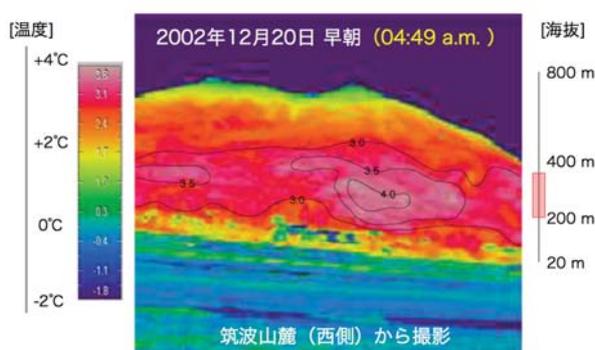


図2 2002年12月20日午前4時49分に撮影された筑波山の熱映像写真(真壁から筑波山の西側斜面をとらえたもの)。

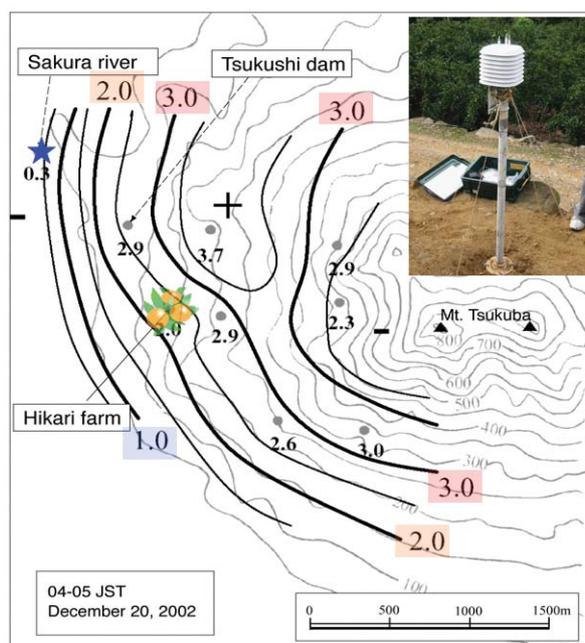


図3 筑波山の西側斜面に展開した温度記録計による2002年12月20日午前4-5時の気温分布。観測点はドットで示す。等値線は1°C間隔。Hikari farmと記されたみかん園を中心とする高度の気温が他の高度に比べて相対的に高くなっている。

2. 観測結果

自然学類開設授業「気候学・気象学野外実験」の一環で2002年の冬に斜面温暖帯の集中観測を行いました。図2は、良く晴れて風が静穏であった2002年12月20日の早朝4時49分の熱映像写真(サーモグラフィー)です。旧真壁町の桜川沿いの水田から筑波山の西側斜面を撮影しています。麓の平野部では放射冷却と冷気湖の形成により、氷点下2°C近くまで気温が下がっています。一方、みかん園のある高度200~300mの気温は4°C前後になっています。麓に比べて5~6°C気温が高い領域が帯状に見られ、典型的な斜面温暖帯が発現していることが一目でわかるかと思います。

図3は同日の早朝4時から5時における、斜面上1.5mの気温分布を等値線で表したものです。みかん園のある標高200~300mを中心に気温が3°C前後になっていて、そこから山頂および山麓に向かって温度が下がっています。この結果は熱映像写真の解析と一致しています。集中観測時には、気温の鉛直構造についてヘリウムを充填した気球の先に温度計を付けて1時間間隔で観測していました。図4は、午前7時の桜川(5m)、つくし湖(20m)、みかん園(150m)での高さ35m付近までの気温の鉛直プロファイルを示しています。桜川(△)では気

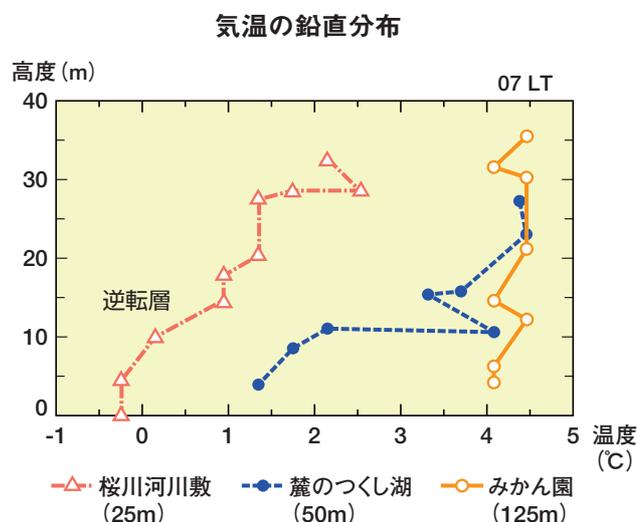


図4 繫留気球による筑波山の西側斜面における上空の気温分布。麓では逆転層が発達しているが、みかん園のある山腹付近は、地表から上空40m付近まで4°C以上の暖かい空気塊に覆われていることがわかる。

温が上方ほど下がっており、逆転層が発達していることがわかります。一方、みかん園のある山の中腹(○)では、地表付近から上空まで気温が4℃以上になっていて、斜面上は暖かい空気に厚く覆われていることが明らかになりました。

3. 環境教育と社会貢献

最近インターネットを使って気象観測データを入手するのがあたりまえになりました。しかしながら観察対象はあくまでも地球ですので、フィールドワークの重要性は変わりません。むしろ、多くの大学教育や研究が計算機至上主義に走る中、その重要性はますます増していると言っても過言ではないでしょう。このような背景を鑑み、気候学・気象学分野では、学生が自ら観測したデータを解析・研究することを重視し、バランスの取れた自然科学者の育成を心がけています。東京教育大学がつくばに移転した当初は、筑波山での気象観測が盛んに行なわれていました。爾来30年、気象観測測器の目覚ましい進歩により新たな観測ができる状況となりました。

前章でご紹介しました2002年冬の集中観測を契機に、斜面温暖帯に興味を持つ学生が現れるなど、教育効果が少しずつ現れ始めました。実際には卒業研究のテーマとして取り組むことになり、2003年から2004年にかけて、2名の学生が中心となって通年での斜面温暖帯の観測を行いました。途中、温度記録計(ロガー)の紛失や、台風や雪などによる欠測など、様々なアクシデントがありましたが、なんとか研究に耐えうる基礎データを取ることができました。これらのデータを基に斜面温暖帯の月別の発生頻度を算出したところ、地点によって若干の違いはあるものの、11月から1月にかけて平均して2日に1回の割合で斜面温暖帯が発現していることがわかりました。

2002年の筑波大学着任当初は、地元の方々のお付き合いから観測計画の立案など、初めてのことに戸惑うばかりでした。また40人以上の学生を引き連れての徹夜観測や毎月の登山を通して、観測の難しさも身をもって体験しました。しかしながら、学生と一丸となって地道にデータを取り、研究成果を論文という形で世に発表して

いく経験をしたことで、忘れていた地球科学研究の面白さを再発見できたと思っています。また、このような取り組みが広く社会に認知されたことに関連し、筑波山頂で廃止されたアメダス気象観測施設の代替設備を、本学を中心に復活させることができました。詳細に関しましては、平成19年12月につくば国際会議場にて開催された「筑波大学社会貢献プロジェクト ―筑波山を知ろう―」にて、成果発表させていただいたところです。

最後になりましたが、2008年の6月から「筑波山ぐるっと一周観測」と題して通年の観測を予定しています。どのような結果が得られるか楽しみです。

[補足]

観光みかん園は10月中旬から12月中旬まで開園しています。入園料300円で食べ放題です。またもぎ取ったみかんは1キロ300円で持ち帰ることも可能です。筑波山の紅葉狩りの季節にぜひ足を運んでみてはいかがでしょうか。