

久住南斜面で観測された冷氣層の構造について

長崎大学工学部 学生会員 大田 元
 長崎大学工学部 正会員 薦田廣章

1. はじめに

人類を含めた地球上のほとんどの生物は、大気境界層と呼ばれる地表面の影響を受ける大気境界層内で生息している。大気境界層の中でも、高度数十 m から数百 m の大気層は接地境界層と呼ばれ、この層内の風すなわち地表風は地表面の状態や傾きの影響を強く受ける。静穏な晴天夜間には山麓などの傾斜地では斜面下降風(冷氣流)が観察される。久住南山麓で測定した風・放射量データをもとに晴天夜間に観測される斜面下降風の構造についての解析を行ったので報告する。

2. 観測・解析データ

観測は、久住山(大分県:標高 1787m)山頂の南方約 3.5km に位置する九州大学農学部附属高原農業実験実習場内の斜面(斜面の方向は NNW-SSE)で行った。観測当時、斜面の大部分は草丈数十 cm の牧草に覆われていた。観測斜面の地形概略図を Fig.1 に示す。観測点は同図中の M 点(標高:930m)と W 点(標高:903m)である。M 点より北側には、牛舎や宿舎などの建物が建てられているが、南側には障害物はなく牧草で覆われたほぼ様な斜面である。M 点ではタワーを鉛直に立て、3 杯式微風速計を高度 0.5m、1.0m、2.2m および 3.4m に、風向計を高度 3.4m に設置した。W 点では 8.6m のポールを鉛直に立て、3 杯式微風速計を高度 0.85m、1.55m、2.4m、4.15m および 8.3m に、風向計を高度 4.15m に設置した。いずれも 10 分間平均の風向、風速を測定し、専用のデータログに収録した。また、M 点では 10 分間平均の短波放射量(日射量)と長波放射量を測定した。

解析対象は、2002 年 4 月 25 日から 8 月 10 日までに観測された全ての風向、風速データである。しかし、観測期間中 W 点で欠測や異常なデータが多く、ほぼ半分のデータは除外した。したがって、有効なデータの総数は 7363 個となった。

3. 解析および結果

ここでは対象を晴天夜間に発生する斜面下降風に限定したので、夜間の時間帯と風向を定義する。まず夜間を 20:00~06:00 と定義する。風向は方位角(北を基準に時計回りの角度)で記録されていたので、M 点での風向は方位角 $315^{\circ} \sim 360^{\circ}$ (45°)、W 点での風向は $292.5^{\circ} \sim 22.5^{\circ}$ (90°)を斜面下降風と定義する。上記の条件をも満たす風を対象とした。これらの条件を満たす風データの個数は 636 個で有効データ総数の約 8.6%である。夜間の斜面下降風で、少なくとも 1 時間以上継続する回数は 25 ケースであった。放射に関しては下向きの放射量を正と定義すると、日没が近くになると、正味放射量は急速に減少し、負の値となる。上記の 25 ケースでは、負の正味放射量は最大 -80Wm^{-2} 以上にも達し、斜面下降風が継続的に発生したいずれの場合も晴天であったことが判明した。

Fig.2 は 5 月 27 日から翌日にかけての M 点における風向・風速の経時変化を示した図である。同図より 27 日の昼間は風速が少し強かったが、日没が近づくにつれ弱くなり、時間帯 20:00~06:00 では斜面下降風が観察されたことが分かる。風向は 21:30 を除いて

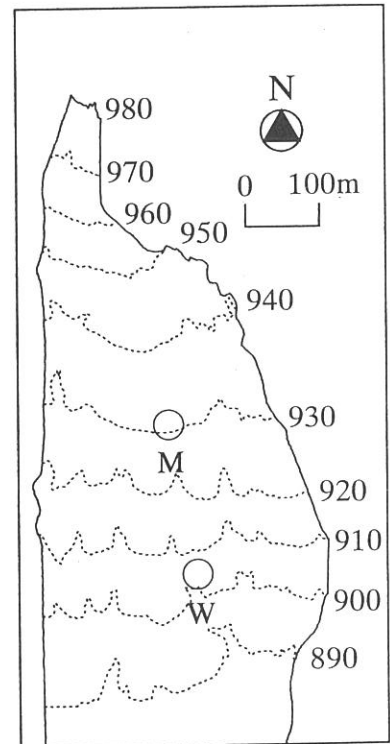


Fig.1 観測点近傍の地形概略図

は、いずれも上記の風向条件を満たしている。正味放射量は 05:00~06:00 を除いては、 $-55 \sim -65 \text{ Wm}^{-2}$ であった。

風データは、M、W 両点での同時刻の風向・風速である。そこで、上空の大气から冷氣層へ輸送される各観測点の運動量フラックスと両点間の風速差(M 点:高度 2.2m, W 点:高度 2.4m)に関する解析を行った。斜面下降風が観測された晴天夜間の地表面近傍の風速鉛直プロファイルは、対数測近似することが可能であることが確認された。そこで風速の対数測が成り立つものと仮定して2高度間の風速より摩擦速度 u_* を求めた(M 点:高度 2.2m, 3.4m, W 点:2.4m, 4.15m)。これらの摩擦速度 u_* を用いて、 $\tau = \rho u_* u_*$ より運動量フラックスを求めた(ρ は空気の密度)。Fig.3 は各時刻の風速差 $u_d = u_W - u_M$ (M 点:高度 2.2m, W 点:2.4m)と運動量フラックスの差 $\tau_d = \tau_W - \tau_M$ をプロットした図である。いずれの差も W 点の値から M 点の値を減じた。同図より、一般に風速差 u_d と運動量フラックスの差 τ_d との間には正の相関があることが分かる。すなわち、同時刻における加速・減速を誘発する運動量フラックスのスケールは2点間距離 220m に比べて小さいことが推測される。そこで、5月27日の夜間 21:30 から翌朝 06:00 までの運動量フラックスの差 τ_d と風速差 u_d の経時変化を Fig.4 に示す。同図には、2 観測点間の平均運動量フラックス $\tau_m = (\tau_M + \tau_W)/2$ と平均風速 $u_m = (u_M + u_W)/2$ もプロットした。02:00 前後は、運動量フラックスの差 τ_d と風速差 u_d とは正の相関がみられるが、00:00 前後や 03:00 から 05:00 にかけては、風速差 u_d は運動量フラックスの差 τ_d よりもむしろ平均運動量フラックス τ_m との相関が強い。また、継続時間も長い。

4.まとめ

2 観測点間の水平距離は 220m である。この距離に対するスケールを考えると、夜間の斜面下降風の加速・減速をもたらす機構はさまざまなスケールの現象が複雑に絡み合っており、小スケールの現象もしくは大スケールの現象が卓越する時間帯も存在するが、夜間を通して継続することはない。

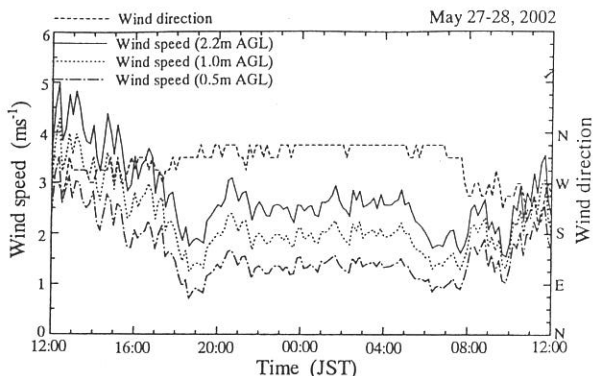


Fig.2 M 点における風向・風速の経時変化

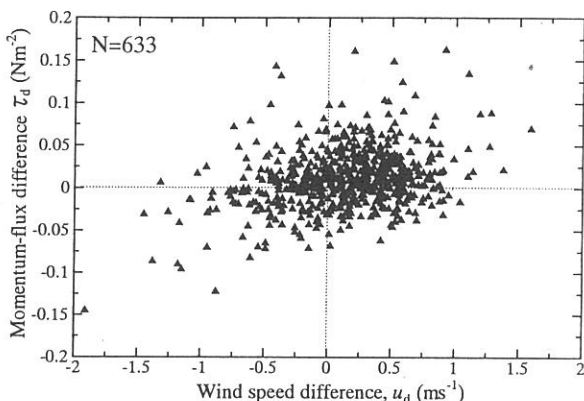


Fig.3 風速差と運動量フラックス差との関係

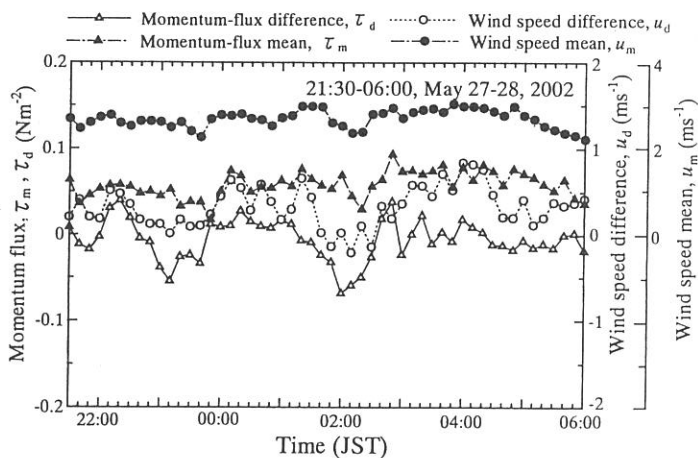


Fig.4 運動量フラックスと風速の経時変化