HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	安定層内の気温変動について
Author(s)	石川, 信敬
Citation	低温科學. 物理篇, 38, 179-182
Issue Date	1980-03-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18403
Type	departmental bulletin paper
File Information	38_p179-182.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

短　　報

Nobuyoshi ISHIKAWA 1979 Short Report. Temperature Perturbation in Stable Layer Above Snow Surface. *Low Temperature Science, Ser. A, 38.*

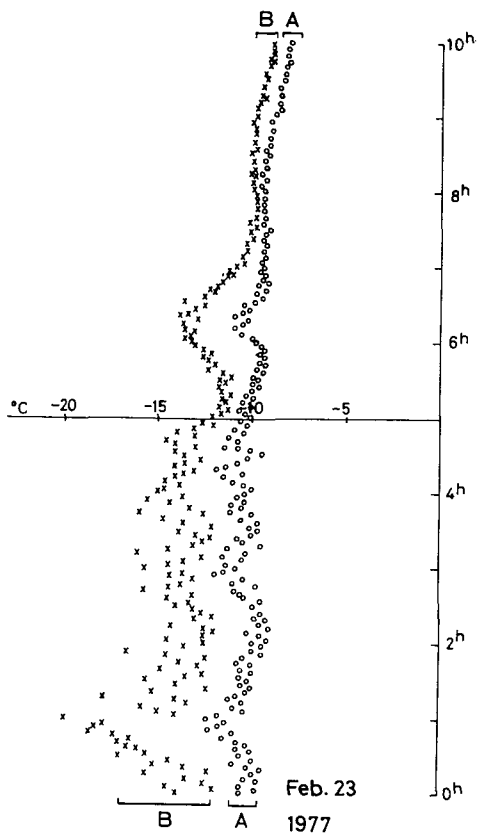
安定層内の気温変動について*

石川信敬
(低温科学研究所)

(昭和54年10月受理)

北海道大学低温科学研究所の実験露場において積雪期の微気象観測を過去5年間行なったが，表面付近（100 cm 以下）の気温が短かい周期で大きく変動する特異な短周期変動が観測された。いずれも静穏晴夜においてのみ生じ，日中には解消した。観測点は周囲を住宅で囲まれてはいるが，約500 m 四方の地積を有する平坦な雪原をなし，冬期の放射冷却日には周囲よりも気温は低くなり，周囲との空気の混合が少ない場所である[1)]。

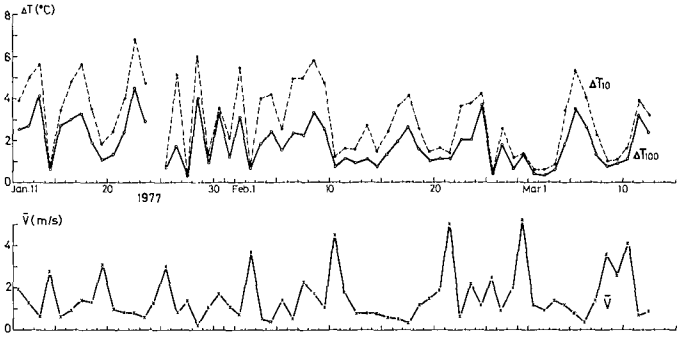
気温は感部直径 2.5 mm の通風サーミスター温度計（時定数は空中で30秒以下）を用い雪面上 10 cm, 100 cm で測定した。第1図に1977年2月23日00時～10時の気温を3分毎の値で示した。Aは100 cm，Bは10 cm の値である。夜半から早朝5時過ぎまで気温はいずれも大きな変動を示しており，雪面に近い程変動幅が大きい。Bにおいて30分間あたりの変動幅は最大8°Cになった（Aの変動幅は最大約3°C)。この時，雪面付近で大きな気温逆転層がみられ，100 cm と 10 cm 間の温度差は，1時間平均値にして最大5°Cであった。なお日中にはこの変動現象は解消している。



第1図　気温変動の観測例
1977年2月23日 00～10時。
A: 100 cm, B: 10 cm

第2図に気温の変動幅 ΔT と平均風速 $\bar{V}$ の日変化を示した。ΔT としては30分間毎に最大変動幅をとり夜間（18時～06時）にわたって平均したもので ΔT_{10} は 10 cm, ΔT_{100} は 100 cm の高さの気温変動量である。$\bar{V}$ は30分間毎の平均風速を同じく夜間にわたって平均した値で，

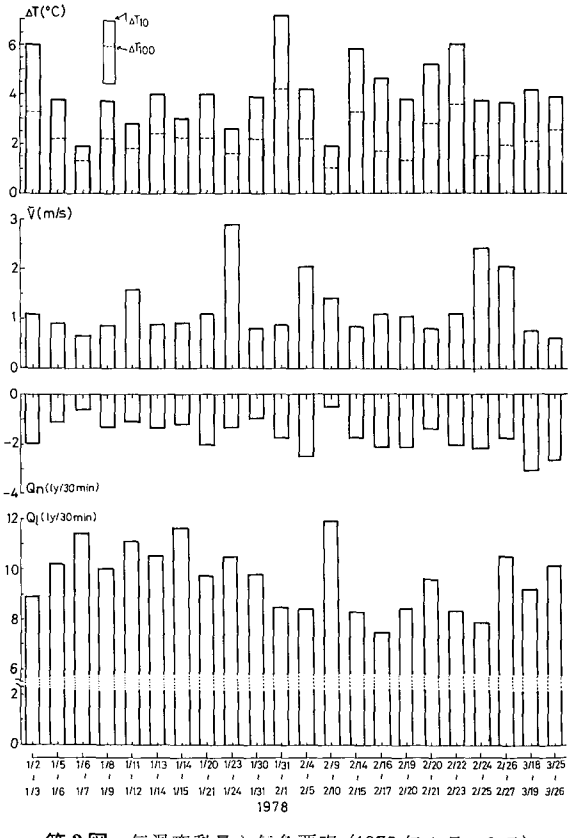
* 北海道大学低温科学研究所業績　第2168号



第2図 気温変動幅と夜間平均風速の関係
ΔT_{10}： 10 cm の高さにおける 30 分毎の最大変動量の平均
ΔT_{100}： 100 cm の高さにおける 30 分毎の最大変動量の平均

150 cm の高さにおいてエアロベーン（微風用）によって得られた。気温変動量は雪面に近い程大である（$\Delta T_{10} > \Delta T_{100}$）ことがわかる。風速が 3 m/s 以上になると温度変動は極めて小さい。風が弱い時，必ずしも ΔT が大きくなるわけではないが，温度変動 ΔT が大きい時は風速 $\bar{V}$ は必ず小さい。

第 3 図は 1978 年の 1 月～3 月の任意の日を選び気温変動幅（$\Delta T_{10}, \Delta T_{100}$），夜間平均風速（$\bar{V}$），正味放射量（$Q_n$），大気放射量（$Q_l$）を示したものである。前者 2 項は第 2 図と同じ方法で，後者 2 項は夜間の放射量を30分間あたりの平均熱量であらわしたものである。正味放射量と大気放射量は英弘精機製の正味放射計（CV–11）とネオ放射計（MS–4R）を用いてそれぞれ測定した。大気放射量は晴天か曇天かの目安になる。すなわち 0°C の厚い雲が全天を覆っている時の放射量は約 13.7 *ly*/30 分であり，値が小さくなる程雲が少なく上空の気温が低いことを意味する。第 3 図からは風が弱い（$\bar{V}$ が小）ばかりでなく大気放射量 Q_l が少ない程，大きな温度変動 ΔT があらわれていることがわかる。特に Q_l との間に良い関係がありそうである。

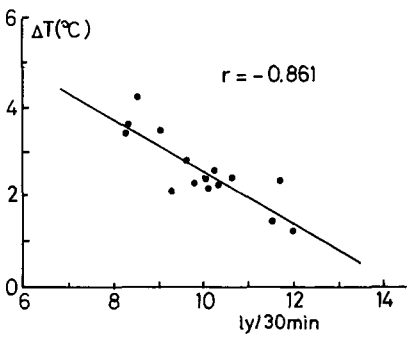


第3図 気温変動量と気象要素（1978 年 1 月～3 月）
ΔT：気温変動量（°C） $\bar{V}$：平均風速（m/s）
Q_n：正味放射量（*ly*/30 分） Q_l：大気放射量（*ly*/30 分）

第 4 図に風速 1 m/s 以下の日を選び大気放射量と 100 cm の高さの気温

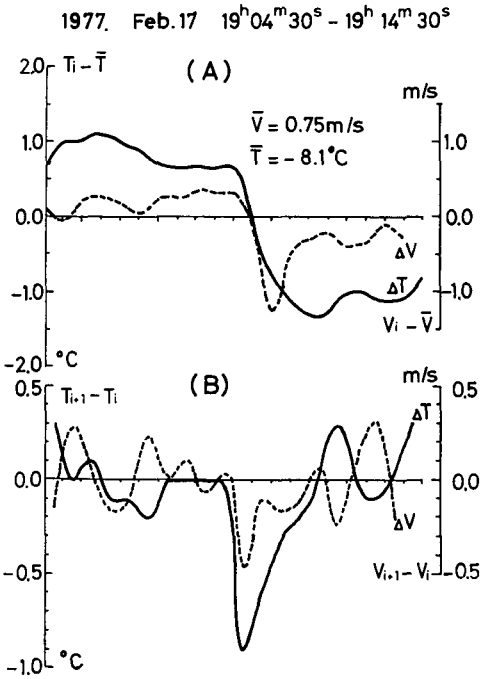
変動の関係を示した。放射量が少ない程変動幅は大きくなる逆相関にあり，相関係数 $\gamma=-0.86$ を得た。

微気象観測から得られた気温の短周期変動は放射冷却日の夜間に生じ雪面に近い程大であることがわかった。このように雪面上の大気はバルク的に安定(逆転状態)であっても大きな温度変動にみられるような不安定な動きをしている。最近逆転状態の安定層における乱流構造[2]や拡散[3,4]の問題が研究されるようになった。



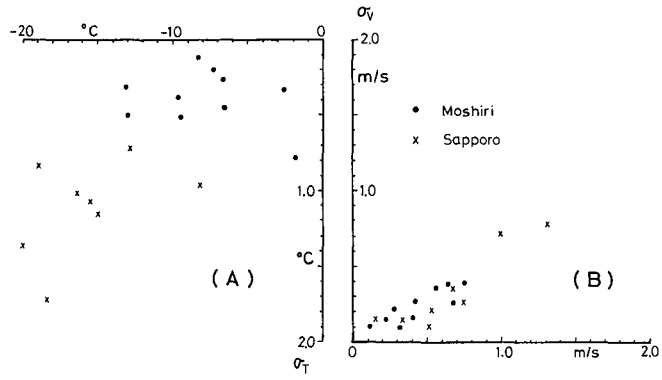
第4図　気温変動量と大気放射量の関係

この気温変動をさらに詳しく調べるために，より短かい時定数の測器により雪面近くで気温と風速の測定を行なった。気温は熱電対 (時定数 10 秒以下)，風速は熱式風速計 (白金抵抗体，時定数 5 秒以下) を用いて雪面より 30 cm の高さで連続測定した。第5図の(A)は，30 秒毎に読み取った気温 (風速) の値と 10 分間平均値との差 ($T_i-\bar{T}$, $V_i-\bar{V}$)，(B)は 30 秒毎の気温 (風速) の変化量 ($T_{i+1}-T_i$, $V_{i+1}-V_i$) である。T_i, V_i は時刻 i における気温と風速をあらわす。平均値と較べた気温の変動と風速の変動はいずれも同位相をもっている。すなわちこの観測例では前半 5 分間は平均値より高い値をもち，後半 5 分間は平均より低くなっている。しかし(B)の場合，30秒毎の変化量を較べると必ずしも同位相になく，風速が増すと気温が上昇する場合，あるいは逆に下降する場合があらわれた。気温の変動が大きくなる時は，先に述べたように，放射冷却日であり，積雪表面が最も温度が低く気温は逆転している。静穏であっても風は間歇的に吹き，そのため温度の高い上空の気塊が雪面へ輸送されたり，逆に雪面の冷気が持ち上げられる垂直混合とか，あるいは移流による水平方向の混合もありそれらの影響が確率的にある高さの気温の変動としてあらわれていると考えられる。



第5図　気温変動と風速変動
(A)　平均値との差 ($T_i-\bar{T}$, $V_i-\bar{V}$)
(B)　30 秒毎の変化量 ($T_{i+1}-T_i$, $V_{i+1}-V_i$)

盆地状の地形においては平地よりもさらに強い放射冷却が生じ顕著な接地逆転が生じる[5]。母子里盆地における観測からは，放射冷却が生じても大きな気温の短周期変動は得られなかった。第6図は札幌と母子里において 30 秒毎に雪面上 100 cm の高さで得た気温 (A) と風速 (B)



第6図 気温と風速の変動量
(A): 気温, (B): 風速, ●: 札幌, ×: 母子里

を, 10分間平均値と標準偏差で示したものである。但し測定は札幌が2月, 母子里は4月 (融雪期) である。風速が増す程平均値からの偏差は大きくなるが, 札幌と母子里の変動の大きさに差はない。気温の変動 (A) に関しては, 札幌と母子里で異なり前者で0.7～1.7°C, 後者で0.3～0.4°C であった。このように同じ放射冷却下においても平地と盆地で気温の変動幅に大きな差がみられた。盆地において大きな変動が生じないのは地形的要因によるものか, さらには変動が小さいことが強い盆地冷却の原因になりうるかは今後の研究に待たなければならない。

平地における安定時の気温の短周期変動を定量的に説明するには, 垂直方向の風の測定, さらには安定層内の乱流構造を知る必要がある。

観測に際し北海道大学理学研究科久保田裕士氏 (現カーター・アート社) の協力を得た。低温科学研究所小林俊一氏, 小島賢治教授には論文の推稿にあたって有益な助言を受けた。ここに記して感謝いたします。

文 献

1) 石川信敬・油川英明・成瀬廉二 1978 札幌市における放射冷却日の最低気温分布. 低温科学, 物理篇, **36**, 121–137.
2) 小林俊一 1972 盆地冷却における接地気層の乱流構造. 低温科学, 物理篇, **30**, 93–102.
3) 千葉 修・安達隆夫 1977 風が弱い時の拡散の気象パラメーターの研究 (1). 大気汚染研究, **115**, 18–29.
4) Kondo, J., Kanechika, O. and Yasuda, N. 1978 Heat and momentum transfers under strong stability in the atmospheric surface layer. *J. Atmos. Sci.*, **35**, 1012–1021.
5) Ishikawa, N. 1977 Studies of radiative cooling at land basins in snowy season. *Contr. Inst. Low Temp. Sci.*, **A, 27**, 46 pp.