

昭和基地における風向, 風速, 気温および 気温鉛直傾度の相互関係*

真 木 太 一**

要 旨

昭和基地における1970年3月から1971年2月までの気候要素の相互関係を明らかにしたもので、過去の越冬隊員によって気候要素、すなわち風向・風速・気温の関係については部分的に報告されているが、これらに気温鉛直傾度（以下気温傾度と略す）を加えた相互関係についての報告は今回が初めてである。

主な結果は、風向による気温傾度の差が季節により顕著にみられる。風速と気温傾度の関係では、冬季と夏季ではほぼ変化傾向が逆で、冬季は無風状態からある風速までは気温傾度が急激に減少し、それ以上の風速では緩やかに減少している。気温と気温傾度の関係は夏・冬季および春・秋季では同様な変化傾向を示し、夏・冬季と春・秋季とは傾きのみが同じである。気温傾度の頻度分布では、冬季は広範囲に分散しているのに対して、夏季は変化範囲が狭く集中していることなどである。

その他の関係についても項目別に述べる。

1. はし が き

著者は1970年1月より1971年2月まで、第11次南極地域観測隊の気象研究隊員として、昭和基地で生活し、1970年2月中旬より1971年2月まで、年間を通して気候要素の観測を行なった。

昭和基地の気候要素については、過去に数人の越冬隊員によって観測され報告されている。たとえば、年平均の風配図、月平均の風向、風速および気温、その他、年間の風向別発生頻度、風向別風速頻度および気温別風速頻度等については、村越(1958)、月平均の風速、月別の風向風配図は、中島(1961)、旬別の風向、風速および気温の平均値や旬平均の最高、最低気温は、村越・矢田(1962)、方向別年平均風速については、守田(1968)、その他、南極気象資料(1964)等に記述されているため、風向、風速および気温の月平均値や季節別平均値の変化に関してだけ述べるのでは、格別目新しくない。

そこで、昭和基地の気候特性として、気層安定度を考える場合に、気温の垂直分布からみれば、年間の3/4(夏

季を除けば約9割)が安定状態である(真木, 1972)。この安定度に関して年間を通して観測されたものは、昭和基地では初めてのことで興味深いことである。

著者はこれらの気候要素(風向・風速・気温)の相互関係の他に、さらに気温傾度を加えた相互関係について、1年間の変化を月別および季節別に分けて調べた。特に、昭和基地においての風速の増加に対する気温の上昇率や気温傾度の減少に関しての定量的な結果、逆転層の年間を通しての観測、さらに気温傾度の気候要素との相互関係等について詳しく述べたものはないため、ここに取りまとめてみた。

この研究は、「南極高気圧の生成および構造の解明」というテーマで、南極の研究気象観測の5年計画の初年度になされたものの一部分であることを添え加えておく。

なお、風向、風速および地上気温については、定常気象観測のデータを利用させていただいた。ここに11次隊の定常気象観測隊員に謝意を表明する次第である。

2. 観測方法

気候要素の観測期間は、1970年2月中旬より1971年2月までであるが、ここでは、1970年3月より1年間のデータを利用した。気候要素の観測方法については、昭和基地の東側の海水に面した場所で、海水から30m離れた地点に高度20mの三角柱の鉄塔を立て、その鉄塔に高度

* Relations between Wind Direction, Wind Velocity, Air Temperature and Temperature Gradient at Syowa Station.

** T. Maki 農林省農業技術研究所気象科
—1971年10月26日受理—

21, 10, 5, 2.5, 1.25mに白金抵抗温度計および三杯式風速計を取りつけ，気温および風速の垂直分布の観測を行なった。気温の垂直分布は高度21, 10, 1.25mの値より単位高度当りの気温傾度を求めたが，ここでの気温傾度は高度10mと1.25mの値を利用した。また風向，風速の年間を通しての観測については，定常気象観測用として記録されているエアロペーンの値を利用した。このエアロペーンによる観測は，高度10mで10分間の平均値より求め，風向については16方位で表わし，NNEが1から始まり，時計廻りにNが16になっている。また気温の垂直分布とは別に，地上気温については，定常気象観測用の高度約1.5mの百葉箱中の値を利用した。これらの気候要素について，1日のデータ処理数は8回とし，3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24時の値より解析された。

また南極の気候特性を考慮して，各季節を一率に3ヶ月とはしないで，春季と秋季の前，後期1ヶ月を冬季に加えて冬期間（冬季）を5ヶ月として，1年間を次のように分割した。すなわち，春季（10・11月），夏季（12・1・2月），秋季（3・4月），冬季（5・6・7・8・9月）として解析し，取りまとめを行なった。なお，ここで示されている無風状態とは，0.1m/sec以下の風速を指しており，図中の平均値は全平均値を示している。

3. 観測結果および結果の考察

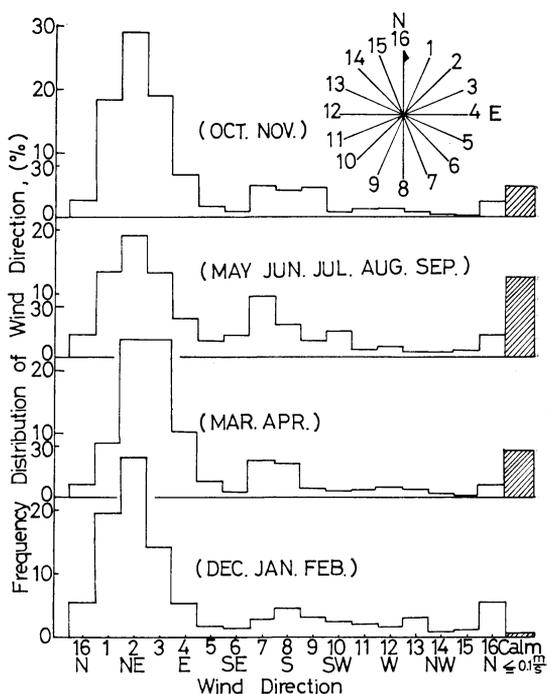
(1) 16方位風向別の発生頻度分布

季節別に眺めると，主風向であるNNE, NE, ENE, Eで5~7割を占めており，その内ではNEが19~29%と最も多い。冬季の主風向の頻度は，他の季節より比較的少ない代りに，南よりの風の頻度がかなり多く，SSEでは10%に近い値を示している。冬季に南風の頻度が他の季節よりもかなり多く，しかも比較的強いことは，寒冷高気圧の吹き出しによるもので，冬季の寒さを一層強めているものと思われる。

春・秋季の南よりの風は，夏季と冬季の中間的な値であり，主風向の頻度としては，春・夏・秋季共にほぼ同じである。また冬季では，無風状態（0.1m/sec以下）が12,3%あり，春季では約5%，秋季では約7%，夏季では1%以下になっている。このことは冬季に静穏な安定状態の日が多いことを示している。一方，夏季では無風に近い風は少ないが，弱風速（3m/sec以下）は逆に他の季節より多く，結局平均値では弱風速になっている。

(2) 16方位風向別の風速強度変化

夏季は全般的に弱風であるが，その内ではNE, ENE,



第1図 16方位風向別の発生頻度分布とその季節変化ならびに16方位

Eが比較的強く，他の季節と同様主風向を示している。全平均値からみると，夏季だけが他の季節（約6.5m/sec）よりも弱くて，5m/sec未満となっている。一方，冬季の場合では，全平均値としては，春・秋季とほぼ同じ位であるが，主風向であるNE, ENEでは11m/secを越えていて，他の季節よりも強い。また冬季では，他の季節と比較して南よりの風（S, SSE）が，幾分強く現われている。このことは冬季の低温を一層助長しているものと思われる。

春・秋季についても主風向は，NNEからEまでで，全般的にみると，ESE, SEからNNW, Nまでは弱風で，その内では南よりの風が若干強い程度である。

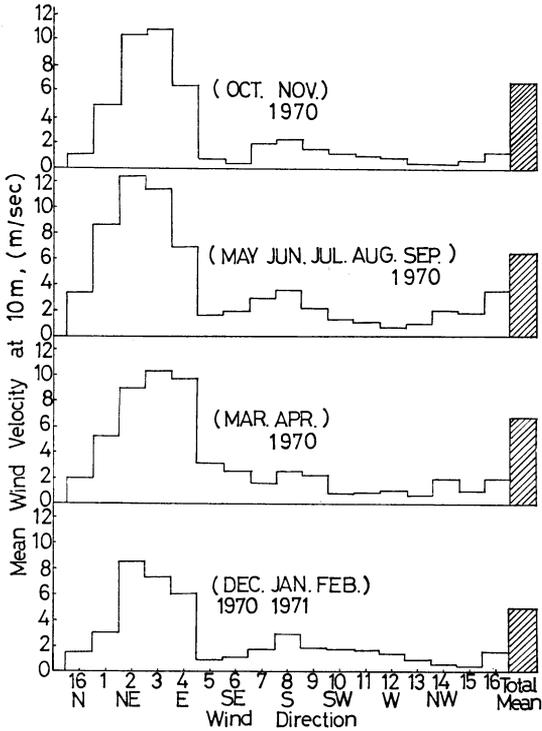
月別では，主風向の風の弱い月は3, 9, 12, 1, 2であり，特に1月は瞬間45.0m/secの風が吹いたにもかかわらず，平均値では弱風速になっている。一方，主風向の強い月では，5, 6月で14m/sec（NE, ENE）程度を示している。また南風の強い月は，5月のSで，5m/sec以上，および8月のSで，4m/secに近い値を示している。冬季の南風の平均値としても，5, 8月の値が影響して，他の季節より，かなり大きな値を示している。

月平均風速の強い月は，4，5，10月，弱い月は，9，12，1月であり，過去のデータ（山崎他，1969）では強風月は，3，4，11月，弱風月は，9，12，1，2月である。強風速では今回の方が1ヶ月早い場合もあるが，弱風速ではほぼ合致していて，年による差が若干みられる程度で大差はない。

が，低気圧擾乱があると，北東風に変じ，気温も上昇する」ことを顕著に示している。

春・秋季においては，夏季と冬季の中間的な変化を示しており，春季ではSWとWSWが気温が低い他は，風向別の気温に顕著な差は認められない。秋季ではNNEからESEまでが平均値よりも高く冬季に近い変化を示している。また春季と秋季において，WNWが異常に高い値が出ている。この原因については，直射光が影響しているものと思われるが，はっきりしたことは判らない。

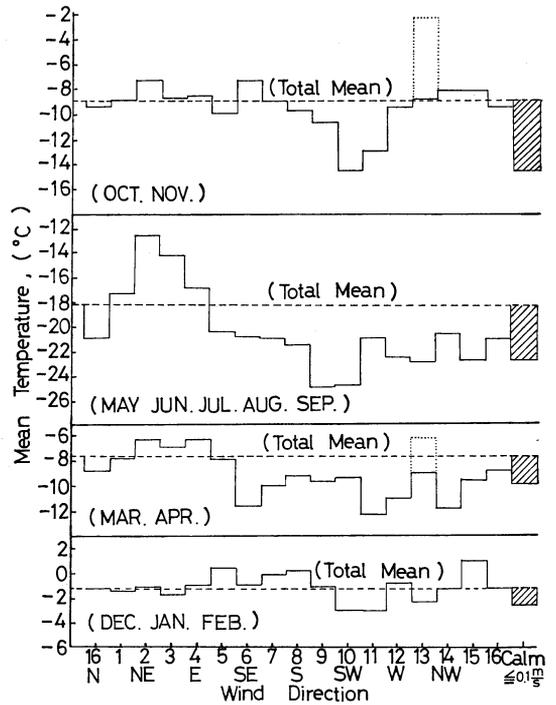
無風状態（0.1m/sec以下）は全期間を通して気温が低く，気温傾度は夏季を除いて大になっている。月別の場合も，一般的には季節別の比較と大差はないが，顕著な差を示しているのは7月で，SSW，SWが低くて -33°C と -31°C の値を示している。一方，夏季に，ESEからSまでとNW，NNW風向の気温が 0°C よりも高くなっていることは，オングル島上で，雪氷のない場所での気温上昇が影響しているものと思われる。



第2図 16方位風向別の風速強度変化とその季節変化

(3) 16方位風向別の気温差

夏季は，一般的に風向による顕著な気温の差はみられないが，冬季では，NNEからEまでの風向が気温が高く，その内，NEでは -13°C 以上になっている。この原因は，強風になると大気擾乱が顕著になって，逆転層が壊れるためと思われる。これに対して，寒冷高気圧から吹き出されるSSW，SWの風は気温が低く，平均値でも -25°C 程度である。この方向からの風は南よりの風の内では，S，SSEよりも弱風であることと両オングル島上を吹き抜けてくるため，冷却されたものと思われる。これは，清野・鈴木（1964）が述べているように，冬季に「地表および対流圏下層は，接地逆転を伴う寒冷高気圧に支配されるため，弱い南東風の循環が卓越する



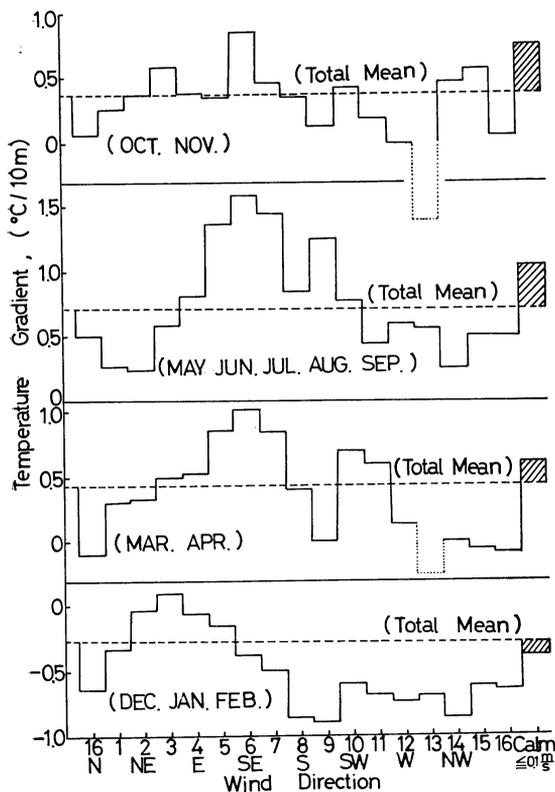
第3図 16方位風向別の気温差とその季節変化

(4) 16方位風向別の気温傾度差

冬季は全風向共，平均的には安定であるが，ESEからSSWが顕著に安定状態を示し，その内でもSE，SSEが気温傾度が大きで，10m当り約 1.5°C であり，7月ではS

が10m 当り 2.8°C と顕著な安定状態を示している。これに対して、NNE, NE, NW が気温傾度が小さい。SE, SSE, S, SSW, SW 風向が気温傾度が大きであるが、気温と比較すると、SE, SSE, S 風向の気温はあまり低くない。

夏季では気温傾度の小さいのは、NE から ESE で、他の風向の気温傾度は大であるが、冬季とは逆で、一般的に気温傾度はマイナス（不安定）であり、僅かに ENE がプラス（安定）になって、安定の領域に入っているのみである。この原因は、夏季にオングル島上の雪氷が少なくなり、露岩が日射で熱せられて高温になるため、静穏日には岩や砂土の表面温度が 20~30°C になる場合もあること（松田, 1964）を考え合せれば理解できることである。しかも夏季に弱風ならば、一層顕著に不安定



第4図 16方位風向別の気温傾度とその季節変化

状態になるものと思われる。一方、海水上を風が吹走してくる場合には、夏季においても安定状態を維持していることが判った。

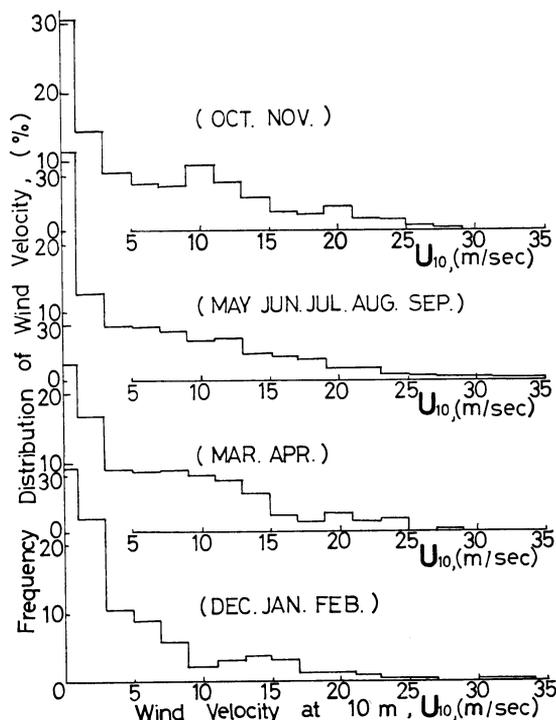
春・秋季では、夏季と冬季の両方の特徴を備えた中間的な変化を示していて、春季では WNW から N までは

不安定状態である。この場合も前項(3)と同様、WNW だけが、不安定状態が顕著に大きく、興味深いことであるが、原因は判然としていない。

(5) 風速強度の発生頻度分布

一般的にみて、3m/sec 以下の風速が多くて、4 割から 6 割を占めており、中でも夏季は多く 55%，秋季は少なく 42% である。また 1m/sec 以下では冬季が多くて 34%，秋季は少なく 25% である。冬季は静穏な安定状態の日がかなり多いことを示し、秋季にはかなりの強風 5~15m/sec が比較的多く、風速が 3m/sec を越えると急激に少なくなり、10% を最高に緩やかに減少して、風速 30m/sec 余りまでには 0% となっている。その減少形態は、季節によって多少異なるが、大差はみられない。

月別で風速 1m/sec 以下の発生頻度が少ないのは、4, 10, 2 月で、逆に多い月は、5, 8, 9, 11, 12, 1 月である。月別の変化傾向はかなり異なり、4, 2 月では全体的に緩やかに減少するのに対して 5 月では、1m/sec 以下は多いが、1m/sec 以上で急減して、1~20m/sec 程度まではほぼ一定な値で、約 6% である。7 月では、1m/sec 以上から 13m/sec まではほぼ一定で、9% 程度であり、また 15~27m/sec もほぼ一定で 1.5% 程度を示し、2 回プラ



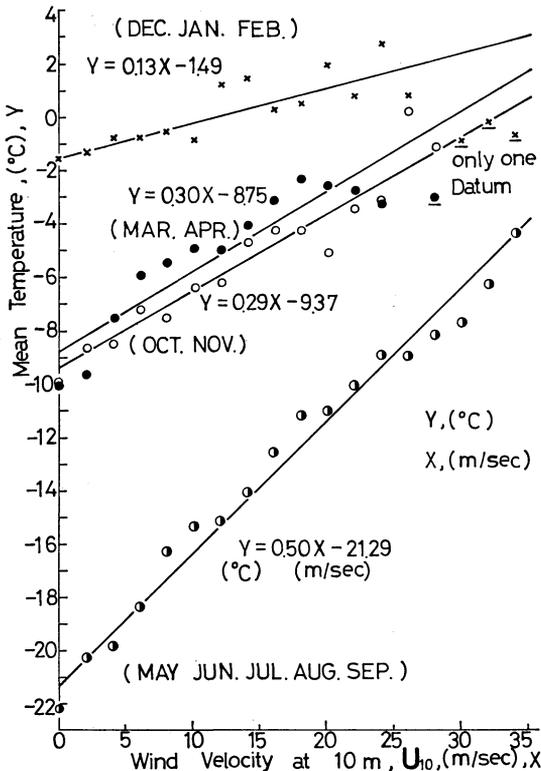
第5図 風速強度の発生頻度分布とその季節変化

トーを持った変化を示している。1月では0~1.0m/sec, 1.1~3.0m/secが、それぞれ35, 33%で、1.1~3.0m/secが他の月に比べて圧倒的に多く出ており、1月に静穏日が多いことを示している。

(6) 風速の増加に対する気温の上昇および、その上昇率の年変化

この現象は、特に興味深いことである。

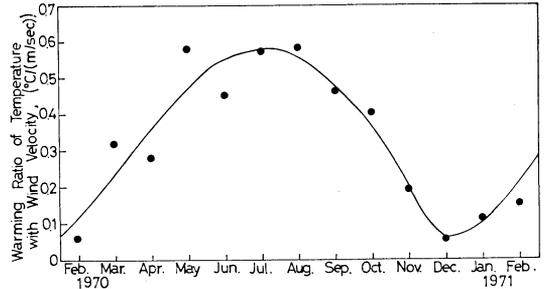
季節別にみると、春季では風速10m/secの増加に対して気温が2.9°C, 夏季では1.3°C, 秋季では3.0°C, 冬季では5.0°C増加している。またこれを一次式で表わせば、図6ようになる。なお夏季に、風速30m/sec以上のデータが、各々1個づつ異常な値を示している。この原因は(7)で述べることと同様で、この結果は考察から除去する。



第6図 風速の増加に対する気温上昇とその季節変化

月別では図7のようになり、気温変化と逆になっている。最大値は5月と8月で、風速10m/sec増に対して気温5.8°C増と大きく、反対に最小値は12月で0.5°C増となっており、両者を比較すると10倍以上の差がみられ

る。風速の増加による気温上昇は、強風になれば一層、大気擾乱が起って、いわゆる逆転層が壊れていくことを顕著に物語っている。



第7図 風速の増加に対する気温上昇率とその年変化

(7) 風速に対する気温傾度の変化

冬季は、10m高度の風速が無風状態から14m/secまでは、風速の増加に対して、気温傾度は急激に減少し、14m/secを越えると、減少は緩やかになり、28m/sec以上の風速では、気温傾度は安定から不安定に移って、中立状態に近い値となっている。

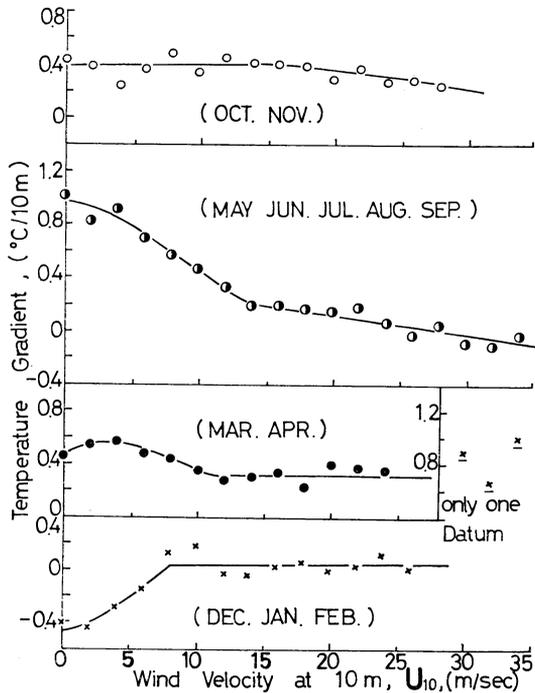
夏季は、冬季とは逆に、不安定状態で、風が強くなるにつれて、不安定から中立、さらに安定へと変化して、8m/sec以上の風速では、安定状態ではあるが、中立状態に近い値に落ち着いている。

夏季における不安定状態の風速による減少は、露岩が暖められて高温になるため、接地気層が高温になるのに対して、強風になると海水で冷却されたまま吹走してくるため、不安定状態が減少して、中立状態に近くなるものと思われる。この中立に近い気温傾度の変化傾向は、弱風速の場合は、陸上で暖められる時間的な余裕があるのに対して、8m/sec以上になると、海氷上で冷えた空気が、小さなオングル島では暖めきれない内に吹き抜けてきて、冷却空気が観測されるためと思われる。

図8で、風速が30m/sec以上の場合および図14で、20m/sec以上の場合のデータが極端に他のデータと比較して気温傾度が高く出ているが、この結果は1月13日に瞬間風速45.0m/secという強風を観測した日に発生したもので、気温はプラスであるのに暴風のため、海氷上から氷の粒が飛来して、直接、白金抵抗温度計の感部に当るので、下層ほど低温になり、0°Cに近い値となったため、見掛上、安定度が大きくなったものである。しかもこの観測結果は、各々1つづつしかないので判断して、この結果は異常データとして扱われるものと思われる。

春季は風速15m/sec程度までは、ほぼ一定な気温傾度で、10m 当り 0.4°C であるが、15m/sec を越えると緩やかに減少している。また秋季は無風から 3m/sec までは、幾分気温傾度は増加し、3m/sec 以上になると再び減少して、10m/sec でほぼ一定な値に落ち着いている。

なお図14に1月と7月の結果が示されているが、これも夏季と冬季の変化とはほぼ同様である。



第8図 風速に対する気温傾度変化とその季節変化

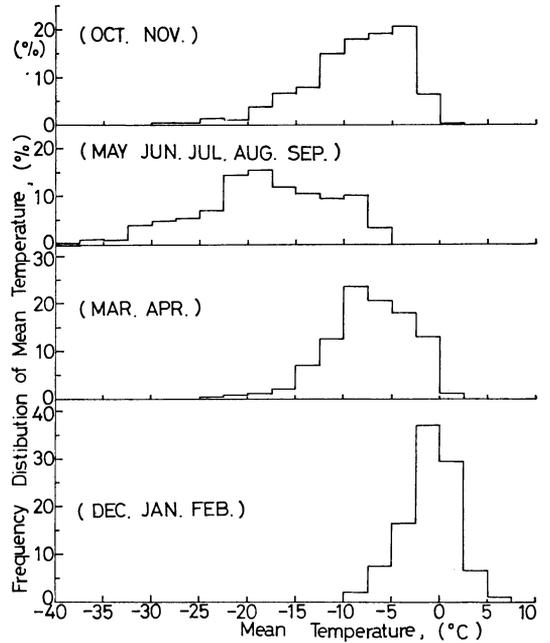
(8) 気温の発生頻度分布

夏季は気温が ±2.5°C に多く分布しており、-10°C 以下になる日はみられない。冬季では発生頻度の分布範囲が広く、頻度分布は最高でも -15~-20°C の範囲で、15%程度であるのに比べて、夏季の頻度は35%を越えている場合もあり、対照的な変化を示している。

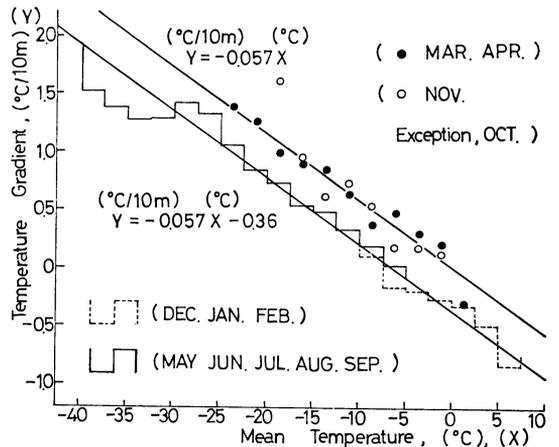
春・秋季では、夏季と冬季の中間的な変化を示し、気温の低い方に緩やかに減少している。月別では、7月が最も分布範囲が広く、逆に2月が最も狭くなっている。

(9) 気温に対する気温傾度の変化

気温と気温傾度の関係の内、10月を除けば、気温が1°C下ると気温傾度が0.0057°C/m上昇するという直線関係が得られた。また気温が0°Cの時、夏・冬季では気温傾度が-0.036°C/mを通り、春・秋季で10月を除け



第9図 気温の発生頻度分布とその季節変化

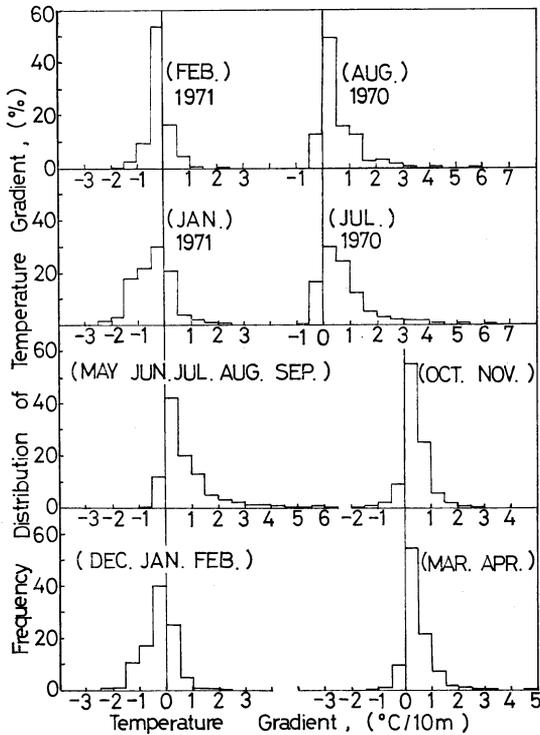


第10図 気温に対する気温傾度変化とその季節変化

ば、気温が0°Cの時、気温傾度は0°C/mを通ることが判った。10月の異常データは、10月では、雪面がオングル島上をほぼ全面にわたって被っているが、その雪面の日中における昇華、融解および夜間の凝結の激化が原因しているものと思われる。なお図中の気温傾度の単位は10m当りの温度差となっている。

(10) 気温傾度の発生頻度分布

夏季は約7割が不安定状態になり、残り3割の安定の場合も、10m当りの気温傾度が1°C以下の場合がほとんどである。その逆に冬季は安定状態の場合が多く、10m当りの気温傾度が0~0.5°Cが42%を占め、10m当りの気温傾度が6~6.5°Cまでに緩やかに双曲線的に減少している。冬季は不安定状態は少なく、12.3%であり、しかも安定状態よりも不安定状態側の方が急減すること、すなわちピークが不安定状態側に、偏ることが判った。また春・秋季では10m当りの気温傾度が、0~0.5°Cの発生頻度が高く、約55%を示し、夏・冬季より一区間に集中する度合が大である。秋季は冬季に近く、春季は夏季に近い変化パターンを示している。

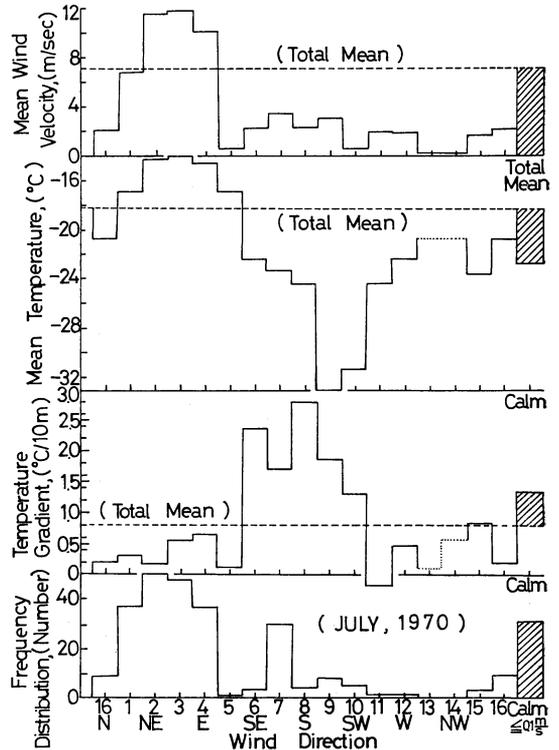


第11図 気温傾度の発生頻度分布とその季節変化ならびに1970年7月と1971年1月における気温傾度の発生頻度分布

以上の変化傾向は、Liljequist(1957)の結果と類似している。なおこの項については、真木(1972)を参照されたい。

最後に冬季の代表的な月である1970年7月と1971年1月の気候の比較を図12, 13, 14, 15に示しておく、季節別

1972年7月

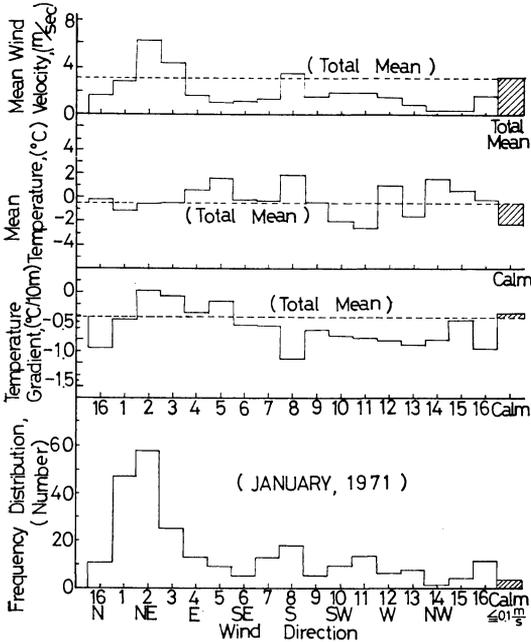


第12図 1970年7月における16方位風向別の風速、気温、気温傾度および発生頻度分布の変化

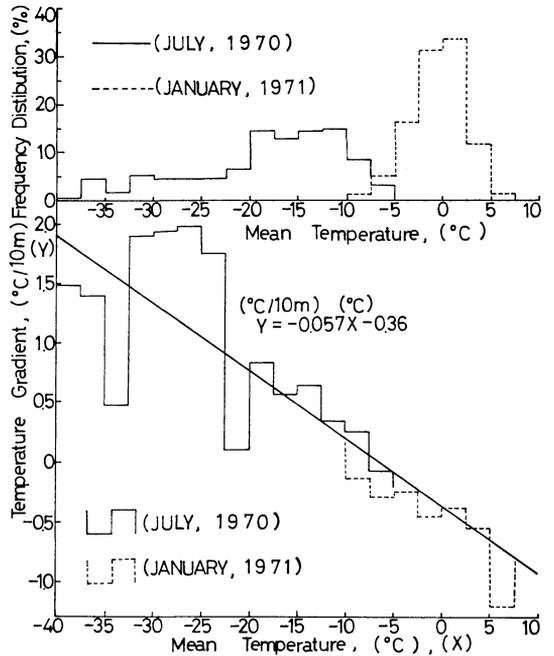
に眺めた場合よりも一層顕著な差が見出せると思う。これらについては各項目別の所で述べたことであるため重複を避ける。

以上、風向、風速、気温および気温傾度の相互の関係と各々の発生頻度分布を項目別に述べたが、風速および気温傾度の観測値は、昭和基地という限られた範囲における気象であることには相違ないが、昭和基地一帯の広い範囲を代表した値であるかどうかは問題のあるところである。

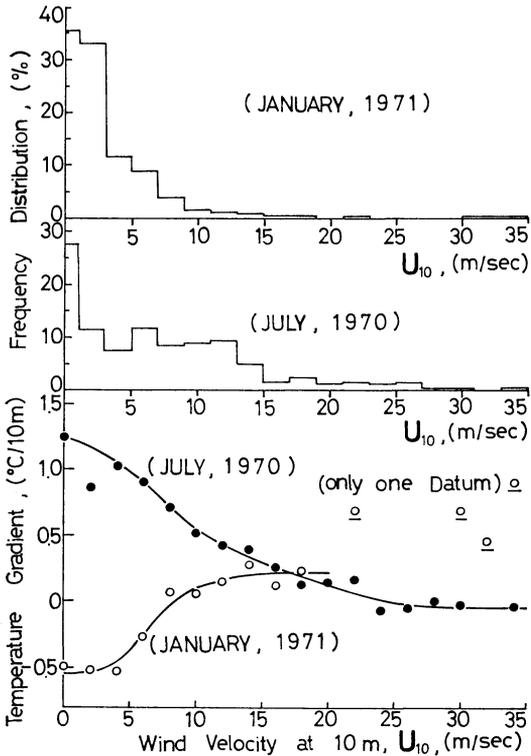
著者は、東オングル島より東方に、約2km離れたオングル海峡の平坦な海水上で、冬季8月20日から9月19日まで風速、気温の垂直分布の観測を行なったが、その時に20m鉄塔上で観測された値より、はるかに大きい気温傾度が観測された場合が、しばしばあって、気温傾度に相当の差が見出され、風速分布にも高度に対して相対的に差が認められた。この原因は、東オングル島上に位置している昭和基地は、海水面よりも約15m高く、また20m鉄塔を立てた場所でも海拔8m程度であるため、滑らかな海水面から東よりの風がオングル島上に吹く場合に



第13図 1971年1月における16方位風向別の風速、気温傾度および発生頻度分布の変化



第15図 1970年7月と1971年1月における気温の発生頻度分布および気温と気温傾度との関係



第14図 1970年7月と1971年1月における風速強度の発生頻度分布および風速と気温傾度との関係

は、吹き上げとなり、またその逆に、西および南よりの風の場合には吹き下しとなるため、気層状態が乱れ、安定状態が壊れる傾向が生じる。また風速の垂直分布も相対的に下層部が強い値を示すため、風速、気温の垂直分布を、この20mの鉄塔で観測することは、南極の代表的な気象を観測する意味では、あまり理想的ではないと思われる。しかし実際の東オングル島上における昭和基地の気候要素の観測結果としては事実であり、一度はこのような鉄塔上での観測を必要とする意味で、大変有意義であったと思われる。

4. むすび

現在までに、すでに得られている気候要素の変化傾向については省略する。

風向別の気温傾度差で、冬季、安定で気温傾度の大きな場合は、ESE から SSW であり、その逆に夏季では、不安定で、気温傾度の大きな場合は、S, SSW であり、夏季と冬季は 10m 当り 0.2°C の気温傾度を対称軸として、ほぼ対称な変化を示している。

風速と気温傾度の関係では、冬季は無風状態から 14 m/sec 位までは気温傾度は急激に減少し、それ以上の風速では、緩やかに減少している。その逆に夏季では無風

から 8m/sec 位までは, 不安定が急激に減少し, それ以上の風速では一定な値になっている。

風速増加による気温上昇は, 顕著な年変化を示しており, 特に興味深いことである。春, 夏, 秋, 冬季に対して, 風速 10m/sec 増に対して, 気温がそれぞれ, 2.9, 1.3, 3.0, 5.0°C 増で, 特に 5, 8月では, 5.8°C 増, 12月では 0.5°C 増と 10倍以上の差がみられる。

なお式で表わせば, それぞれ,

$$Y = 0.29X - 9.37, \quad Y = 0.13X - 1.49,$$

$$Y = 0.30X - 8.75, \quad Y = 0.50X - 21.29$$

となる。ただし, Xは風速 (m/sec), Yは気温 (°C) である。

気温と気温傾度の関係では, 年間を通して, ほぼ気温が 1°C 下の毎に気温傾度が 0.0057°C/m 上がることが判り, また変化傾向は, 夏・冬季では同じく, 気温 0°C に対して -0.036°C/m, 春・秋季では 0°C/m の気温傾度を示している。

気温傾度の頻度分布は, 夏季では約 7 割が不安定状態であるのに対して冬季では, 約 88% が安定状態であり, 季節により分布範囲に差がみられる。

以上のことが, この観測より判った主な結果である。

文 献

- 1) Liljequist, G.H., 1957: D. Surface inversions

and turbulent heat transefer, Norwegian-British-Swedish Antarctic Expedition, 1949-52, Scientific Results, vol. II, Part 1D, 235-298.

- 2) 真木太一, 1972: 南極の海氷上における接地気層の観測, 農業気象, **27**, 137-143.
- 3) 松田達郎, 1964: 南極東オングル島におけるセン類群落の微気象について, 南極資料, **21**, 12-24.
- 4) 守田康太郎, 1968: 昭和基地で観測される Katabatic 風について (I), 南極資料, **31**, 21-32.
- 5) 村越 望, 1958: 第 1 次越冬隊気象部門報告, 南極資料, **4**, 1-22.
- 6) Murakoshi, N. and Yata, A., 1962: Meteorological observation at Syowa Base during the 4th wintering, 南極資料, **15**, 1-11.
- 7) Nakashima, H., 1961: Statistical investigation of meteorological data at Syowa Base, 南極資料, **11**, 68-74.
- 8) 清野善兵衛・鈴木信雄, 1964: 昭和基地の高層気象と季節循環型の記録, 南極資料, **23**, 12-31.
- 9) The Japan Meteorological Agency, 1964: Surface meteorological data at the Syowa Base, Antarctic Meteorological data, **2**, 1-14.
- 10) 山崎道夫・井部良一・福谷 博, 1969: 昭和基地の天気と気象観測, 天気, **16**, 339-348.

気象学会および関連学会行事予定表

行 事 名	開 催 年 月 日	主 催 団 体 等	場 所
夏期講演会 (プラネタリー境界層のシンポジウム)	昭和47年 8月25日	日本気象学会	気象庁第 1 会議室
秋 季 大 会	〃 10月24日 ~27日	日本気象学会	新潟市
高層気象月例会	〃 11月 2 日	日本気象学会	気象庁内
第19回風に関するシンポジウム	〃 11月22日	日本気象学会, 他	気象庁講堂
建造物の耐風性に関する第 2 回シンポジウム	〃 12月 4 日 ~ 5 日		気象庁講堂