北海道赤井川盆地における標高別温度環境

青木正敏・細野達夫*・谷 宏

(北海道大学農学部)

Air Temperature Conditions at Different Elevations on the Slope of the Akaigawa Basin, Hokkaido

Masatoshi AOKI, Tatsuo HOSONO* and Hiroshi TANI

(Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan)

The authors measured air temperatures at 1.5m above the ground every 10 minutes at various elevations 135m~345m on the slope of a caldera basin (Akaigawa Basin, Hokkaido) during two periods (July to October 1987 and May to October 1988). The relationships between elevation and effective accumulated temperature (base temperature = 5°C), average diurnal range of air temperature are analyzed by these data (see Fig. 1 and Fig. 2). The relationships in 1987 and 1988 had small differences.

The dates when certain low temperatures occurred at any elevation for the first time are shown (see Fig. 3). The finding suggests that the dates can be estimated using the daily minimum air temperature gradients calculated by the equation (see Eq. (1)) presented by the former article (Aoki *et al.*, 1992).

Key words: Mean air temperature, Diurnal range, Effective accumulated temperature, Elevation, Low temperature.

キーワード: 低温, 日較差, 標高, 平均気温, 有効積算温度

はじめに

著者らは、北海道赤井川盆地内の傾斜面において、種々の標高の測定地点で、1987年7月~10月と1988年5月~10月の期間、地上1.5mの気温を10分間隔で測定した。なお、この盆地は、底部の標高が約135mであり、その底部との比高が約250~300mの峰で囲まれ、盆地の底部の比較的平坦な部分の直径が約5kmのすりばち状をなした、典型的なカルデラ盆地である。このデータを用いて前報(青木他, 1992)では、北海道赤井川盆地における、①標高と日最低気温および日最高気温との

関係、②その関係の傾き(気温傾度)におよぼす放射、風速、および湿度など他の気象要素の影響を考察した。その結果、標高と日最低および日最高気温の関係は、ほとんどの日において直線とみなせることが示された。さらに、日最低気温出現時における気温傾度が、放射、風速、湿度などの気象要素を独立変数とする重回帰式により推定できることが示された。

本報では、前報と同様、盆地内における温度環境の長期間にわたる特徴を明らかにし、盆地内の温度環境評価を行うことを目的として、まず、気温の日較差や積算温度が標高によってどのように異なるかを調べ、赤井川盆地内の温度環境の評価を行った。さらに、前報で示された方法により推定される日最低気温の気温傾度を用いて、盆地内の標高別低温出現日を推定する方法について検討した。

1988年4月13日、1989年7月26日 全国大会にて発表
1991年7月17日 受付、1992年3月6日 受理

*現在：農林水産省農業環境技術研究所

〒305 茨城県つくば市観音台

Present address: National Institute of Agro-Environmental Sciences, Tsukuba 305, Japan

1. 使用データ

本報の解析において使用した気温データは、1987年7月～10月および1988年5月～10月に、赤井川盆地内において、種々の標高の測定地点で測定された地上15mの気温(30分間平均値)である。気温測定地点は、盆地の底部から北方の峠に至る道路に沿った11箇所(1988年は10箇所)に配置され、最も低標高の地点(標高135m)から最も高い地点(標高345m)まで標高10～40mおきに分布した(詳細は、前報参照)。そのうち盆地底部(標高145m)の測定地点においては、気温測定の場合と同時刻の湿度、風速および放射が測定された。

2. 赤井川盆地内の温度環境評価

2.1 気温の日較差

7月10日～10月15日の間の気温の日較差と標高の関係をFig.1に示す。図中の値は30分平均気温をもとに観測期間全体について平均して得たものである。なお、図中には、データが表示期間全体にわたって完全に揃った測定地点のみが示されている。両年ともに、標高300m地点では日較差は約8℃、標高約135m地点では約10℃である。日較差と標高の関係は直線関係とはみなされないが、日較差は標高が高くなるにしたがって小さくなっている。吉野(1986)は、盆地や傾斜地における日最低気温が低標高でほど低く、逆に日最高気温が低標高でほど高いことを示す多くの報告を例示し、解説している。前報(青木, 1992)では、ほとんどの日において、標高の上昇とともにほぼ比例的に日最低気温が上昇し、逆に日最高気温が標高の上昇とともにほぼ比例的に低下することが示された。このことにより、標高の低下とともに日較差が大きくなることを説明できる。全体の傾向線からのばらつきは標高以外の要因によると考えられる。

Fig. 1. Relationships between elevation and average diurnal range of air temperature on the slope from July 10 to October 15 in 1987 and 1988.

1987年と1988年について比較すると、若干のレベルの差異はあるが、両者の関係の形は相違が少ない(Fig. 1参照)。以上のことから、年によってそのレベルの差異はあるものの、どの年でも標高と日較差の関係の傾向は同様であると判断される。

2.2 有効積算温度および平均気温

測定期間全体について、5℃以上の日平均気温を積算し、有効積算温度を求めた。この有効積算温度と標高との関係をFig.2に示す。なお、図中には、表示期間全体にわたって完全にデータが揃った測定地点のみが示されている。日最低気温は標高の低い場所ほど小さくなる場合が多いが、低標高では日中の気温が高く、日中の気温が日平均値に大きい影響を及ぼす。このために、日平均気温は標高が低いほど高かった。標高300m地点では7月10日から10月15日までの有効積算温度は約1650℃・dayであったが、標高165m地点では約1720℃・dayであり、約70℃・day(約4%)だけ標高165m地点の方が大きかった。標高が135mの地点においては、全体的な傾向とやや異なっていることが認められる。これは、135mの測定地点の日中の気温が165m地点などと比べるとやや低温であったことが影響している。標高の低い平坦部では水田が多く、135mの測定地点が水田地帯に囲まれた場所であったため、日中の気温上昇が比較的小さかったことが推察される。

有効積算温度と標高の関係は1987年と1988年とではほとんど差異はなかった。このことから、年度が違っても両者の関係の形の相違は少ないものと判断される。

両年において、7月10日から10月15日までの間は、日平均気温が5℃以下になることはなかったため、有効積算温度をその日数で除算することによって、期間中の平均気温を算出できる。すなわち、期間中の平均気温は

Fig. 2. Relationships between elevation and effective accumulated temperature (EAT) on the slope from July 10 to October 15 in 1987 and 1988.

$$EAT = \sum \{ (\text{daily mean air temperature exceeded } 5^{\circ}\text{C}) - 5^{\circ}\text{C} \}$$

有効積算温度に比例することになる。従って、上記の期間については、標高と期間中の平均気温との関係は、Fig.2と同様な形の関係にあることが分かる。

2.3 標高別の低温出現日

1987年と1988年に、種々の標高の気温測定地点で、ある温度以下の低温が初めて出現した日をFig.3に示す。Fig.3をみると、標高が低い場所ほど早期に低温が生じやすい、ということが確認できる。1987年においては、標高165mの場所では、1℃の気温は9月20日に出現している。しかし、250mの標高の場所では10月15日に初めて1℃の気温が出現している。1988年においては、165mの標高では、-1℃は10月20日に出現しているが、250mの標高では10月25日に出現している。このことから、初霜害の危険度は、低標高の場所ほど高いといえる。

Fig. 3. Dates when low temperatures shown in the figure occurred for the first time at each elevation in 1987 and 1988.

3. 標高別の低温出現日の推定

前報(青木他, 1992)において、赤井川盆地における日最低気温出現時の標高と気温の関係は直線とみなせることが示され、さらに、その直線の傾き(気温傾度, A_n , °C/100m)は、次の重回帰式により推定できることが示された。

$$A_n = -0.198 T_n + 0.107 VP_n + 2.11 R_n - 0.298 W_n - 0.116 \quad (1)$$

ここで、 R_n は日没時刻から日最低気温出現時までの間の放射による熱損失量の積算値($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$)、 W_n および VP_n はそれぞれ日没時刻から日最低気温出現時までの、風速の平均値(m/s)および水蒸気圧の平均値(mb)、 T_n は日最低気温(°C)を示す。独立変数として扱ったこれら気象要素は、いずれも盆地底部(標高145m)において測定されたものである。(1)式により推定される気温傾度を用いて、赤井川盆地における標高別の低温出現日の推定を行った。この推定手順のフローチャートをFig.4に示す。

Fig. 4. Procedure for estimating the date when low temperature occurred for the first time at any elevation.

R_n , W_n and VP_n are accumulated radiative heat loss ($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$), mean wind speed (m/s) and mean water vapor pressure (mb), respectively measured at 145m elevation during nighttime. T_x is daily minimum air temperature assumed (°C) at 145m elevation, and T_z is estimated daily minimum air temperature (°C) at a given elevation of Z .

第1の手順としては、霜が降りるような低温が出現する気象条件のときの R_n , W_n および VP_n を設定することである。第2の手順は、盆地底部(標高145m)の気温の経日的推移の予想値(T_x , °C)を設定することである。第3に、上記の R_n , W_n , VP_n および T_x を(1)式に代入し、各日の日最低気温の気温傾度(A_n)を求めることである。第4には、求められた各日の A_n と各日の T_x を次式に代入し、各日の標高 Z の地点の最低気温(T_z , °C)を求めることである。第5の手順は、求めた T_z のデータを基にして、ある低温が初めて出現する日を標高別に求めることである。

$$T_z = T_x - A_n (Z - 145) / 100 \quad (2)$$

以下に、1988年の初霜期について、赤井川盆地で観

測されたデータを基に、上記の手順にしたがって、低温出現初日を標高別に推定した例を示す。

第1手順として、 R_n , W_n および VP_n を以下のように定めた。すなわち、初霜が降りるような低温が出現するのは、赤井川盆地においては9月から10月中旬の間である。この間に、平年よりも低い日最低気温が出現するのは、放射冷却の著しい静穏な夜間という気象条件に限られる。そこで、このような条件のときに、盆地底部(標高145m)で測定された平均的な値を設定することとした。その気象要素の設定値は以下のものである：放射損失量(R_n) = 0.1 kWh/m^2 、風速(W_n) = 0.5 m/s 、水蒸気圧(VP_n) = 飽和水蒸気圧(mb)。第2手順として、盆地底部(標高145m)における毎日の日最低気温の測定値を基に、半旬毎に最も低温な値を求め、これを盆地底部(標高145m)での半旬予想最低気温(T_x)とした。第3手順～第5手順については上記の通りであり、半旬毎の低温出現初日を標高毎に求めた。その推移を示したのがFig.5である。この図と実測データ(Fig.3)を比較すると、推定値と予測値に約1℃のずれが認められるが、日付と標高との関係線の傾きはよく一致していることがわかる。従って、(1)式により推定される気温傾度を用いて、この手順により標高別低温出現初日の予測が可能と考えられる。

Fig. 5. Estimated dates when certain low temperatures shown in the figure occurred for the first time at any elevation in 1988.

まとめ

① 気温の日較差、有効積算温度および低温出現初日と標高との関係は、Fig.1～Fig.3のようである。赤井川盆地においては、年によって気温の日較差および有効積算温度と標高の関係の形の変化は少ないと考えられる。Fig.1～Fig.3に示された気温の日較差、有効積算温度および低温出現初日と標高の関係は、例えば栽培作物の選定および収穫作業などの営農計画を行う際に有益であると考えられる。

② 気温傾度による標高毎の低温出現初日の予測の可能性が示された。

近年、農地開発が山間部などの盆地状をなした傾斜地で行われることが多くなっている。その際の開発適地選定に当たって、今回示したような温度環境情報が有用である。他方、多くの都道府県において整備されている様々なメッシュ気候値、特に平均気温、有効積算温度および初霜日などのメッシュ情報は有用であるが、実測点と実測点の間の補間が必要である。そのような補間の際に、本研究で得られた標高と温度環境に関する情報および温度環境評価法が参考となるであろう。

謝 辞

北海道大学農学部農業物理学講座教授、堀口郁夫先生には研究の機会を与えて頂き、また有益な助言を頂いた。松岡延浩(現在：千葉大学園芸学部)、広部明泰、宇山頭、川手健次郎君をはじめとする同講座の学生諸氏には観測などを通じて多大なるご尽力を頂き、赤井川村役場からは種々のご協力を頂いた。特に、同役場の大山正紀氏には観測時の宿泊所を提供して頂いた。ここに感謝の意を表します。

引用文献

- 青木正敏・細野達夫・谷 宏・松村伸二、1992：北海道赤井川盆地における日最低気温および日最高気温と標高の関係、農業気象、48(1), 1-10。
吉野正敏、1986：新版小気候、地人書館, pp.298。