

十勝の寒さと土壤凍結

土谷 富士夫 (帯広畜産大学)

1. 十勝の寒冷気候とその特色

北海道は北緯41°24'以北に位置し、生活面から北方圏に属し寒冷地域と呼ばれている。このような寒冷環境にある地域では、その特質を十分理解し地域社会の要請を積極的に組み入れていく必要がある。なかでも、産業に占める農業の位置は非常に高く、そのため気象の影響力は多大である。特に、冬期間の低温は、産業・生活・交通に制約を与え、他の季節にみられない数々の特色を持っている。

十勝地方は北海道東部の太平洋側に位置し、西は日高山脈、北は大雪山系に接し、4分された北海道気候区分によると太平洋東部に属するが、釧路・根室とは多少異なった気候を示している。帯広の平年値(1971~1990)をみると、年平均気温は6.3℃、年降水量は917mm、日照時間は2022時間である。これを道内他都市と比較すると、表1に示すように年平均気温は決して高くはない。しかし、特徴といえば1月平均気温が明らかに低いことがわかる。また、日照時間が他に比べて多いのも特徴である。

これを世界の年平均気温を見てみると、北欧のストックホルム、中国のウルムチ、カナダのモントリオールなどに近いが、いずれも年降水量は少なく100mm以下である。帯広は低緯度の割には冬が寒く、降水量が多いのが特徴である。以上の事から帯広の気候区に類似している地点は世界的にほとんどないと考えられる。

次に冬の寒さでは、旭川が明治35年1月25日に-41.0℃まで低下し、日本の最低気温の記録となっている。未曾有の寒波の襲来の冬であり、帯広ではその翌日に-38.2℃を記録している。公式記録によると帯広では大正11年1月31日に-34.9℃を示し、旭川、富士山-38.0℃、倶知安-35.7℃に次いで4位の記録値を示している。また、最高気温では本年は例年のない猛暑の夏となったが、帯広では8月7日に37.0℃(第3位)が記録された。最高気温では帯広が道内1位の記録を保持しており、大正13年7月12日の37.8℃である。これらから、帯広は寒暖の差が大きい地域であることもひとつの特徴である。さらに、帯広に1日の降雪の深さで道内1位の記録がある。昭和45年3月16日に起った102cmであり、「ドカ雪」と呼ぶ現象である。最近の平成3年1月18日にも92cmの記録がある。いずれも、

「台湾坊主」と呼ばれる台湾近海に発生する低気圧が本州南岸を急速に異常発達しながら、道東地方に大雪を降らせるものである。

2. 帯広における気温変動

近年、温室効果などによる地球温暖化が問題となっているが、帯広の気温変動はどのようになっているか興味深い。なかでも冬期の

表1 北海道の主要気象官署の平年値

地点	年平均気温	1月気温	8月気温	降水量	日照時間
稚内	6.4	-5.5	19.2	1124	1500
旭川	6.4	-8.5	20.9	1091	1623
留萌	7.4	-5.1	20.6	1239	1545
札幌	8.2	-4.6	21.7	1130	1805
寿都	6.0	-2.7	20.9	1218	1487
網走	6.0	-6.5	19.1	815	1845
根室	5.9	-4.5	17.1	1035	1857
釧路	5.7	-6.1	17.1	1035	1857
帯広	6.3	-8.2	19.9	917	2022
蒲河	7.7	-3.0	19.9	1132	1932
函館	8.5	-3.4	21.6	1155	1771

最低気温が -27°C 以下の値を記録しなくなっている。他都市と同様に、人口の増加にともなって都市気温の上昇が現れているためと思われる。市街地に位置する測候所から、約6 km離れた帯広畜産大学の気象観測値との比較を行う。図1に、過去7年間(1981~86年)の日平均、日最高及び日最低の各気温差の変動を示す。日平均からみると、畜産大学の気温は測候所よりも常に低く、夏期よりも冬期に $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 低いことがわかる。日最高気温にほとんど差は見られず、日最低気温に顕著な差が、しかも厳冬期には -6°C も低い値を示した。温度が低いほど、その差が拡大する傾向が得られた。夜間に建物や舗装の熱放射、自動車や暖房の排熱が冷却を緩和するため、都市気候の特徴を示している。最も古くから観測が行われている新得畜産試験場のデータを

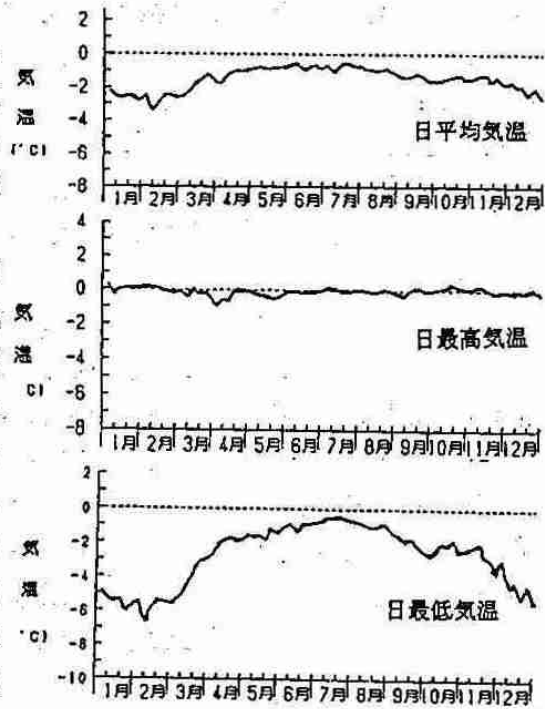


図1 測候所と畜産大学との気温差

もとに、1970~84年の帯広測候所と差を比較すると、温度差に拡大傾向がみられる。15年間で約 1.0°C の温度上昇が得られ、新得町との比較でも同様な値の昇温傾向が得られている。

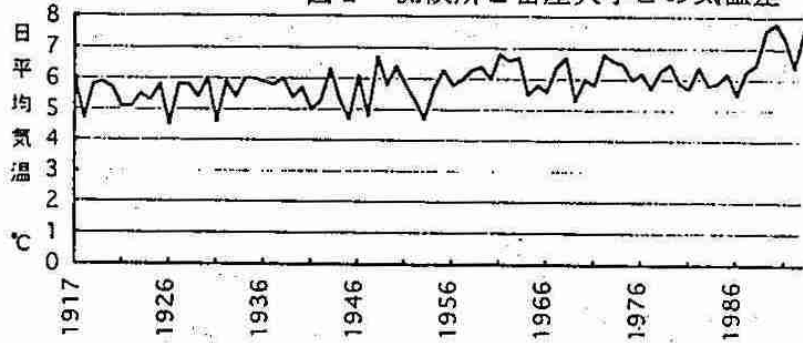


図2 帯広の年平均気温の変動

次に、地球温暖化をみるために、帯広の年平均気温変動を図2に示す。年次的に高低変動を示しているが、年々多少であるが温度上昇の傾向がみられ、1989年以降極度に上昇傾向を示している。これは、暖冬による影響が大きいと思われるが、今後も続くかは不明である。

3. 土壌凍結と凍上作用

土壌凍結とは、地温が 0°C 以下になって地中の水分が凍結し、液体の水が固体の氷に変換される現象である。この相変化により下層の未凍結層より凍結層にゆるやかな水分上昇移動が生じる。このとき、凍結線の近くにアイスレンズと呼ばれる分離氷層が形成され、これが土粒子を排斥しながら土壌間隙を膨張させる。アイスレンズ層が幾重にも増加すると、土粒子を上方に押し上げ地表面は隆起する。これが、「凍上」と呼ばれる現象で、このときの凍上力は数百 kg/cm^2 にも及ぶといわれている。凍上は土壌凍結で最も厄介な物理現象で、道路や構造物を破損するため、その対策に膨大な経費を使用している。土壌凍結の深さは冬の寒さが厳しいほど大きくなり、凍上も大きくなる。しかし、地表面が積雪で覆われると、凍結深さは減少する。積雪は多量の

空気を含むため、自然の断熱材となり凍結の侵入を阻む働きをする。こうした積雪は土壌の凍結深さに大きく影響を与える。図3は、新得畜産試験場で測定を行った積雪と土壌凍結との関係である。積雪の深さの増加にともなって、指数的に凍結が減少する傾向が明白にあかる。

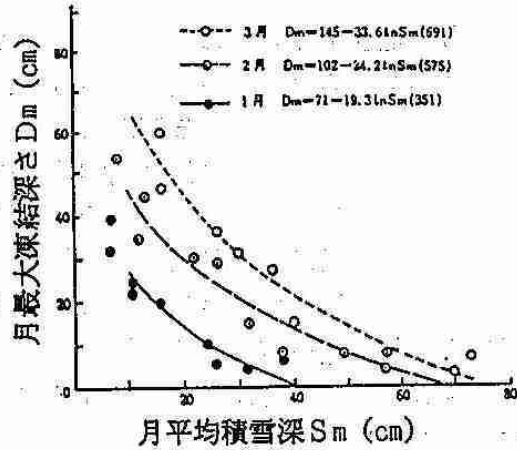


図3 積雪と土壌凍結深さの関係

十勝地方の土壌凍結分布を調査した実例を図4に示す。東大雪山系の糠平から日高山脈沿いの広尾にかけて、比較的凍結が浅いことがわかる。他方、足寄・本別の東部から土幌・音更の中央に向かって、深い凍結を示す傾向が見られる。図5にこのときの積雪の深さの分布を示す。明らかに、凍結深さは積雪の深さに反比例の関係があることが分かる。また、土壌凍結は植物生育と密接な関係がある。多年生の豆科の牧草、フルファルファの栽培が伸び悩んでいる原因に土壌凍結による断根とされてきた。その実態を知るため、被害の程度を4段階に分類し断根被害分布図が図6に得られた。凍上による断根の著しい地域は土壌凍結の深い地域と一致し、陸別から音更、浦幌に至る地域であった。断根位置は十勝平均で12.7cmとなり、最初に土層内に形成される大きなアイスレンズの発生位置に相当すると考えられる。

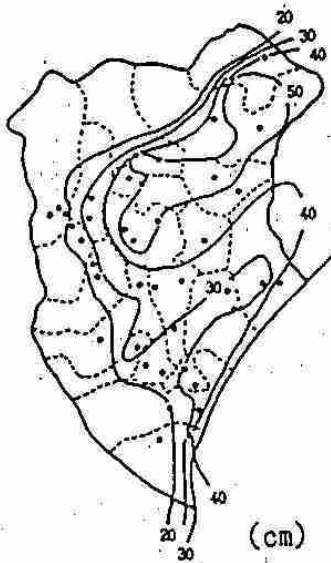


図4 十勝の最大凍結深さ分布

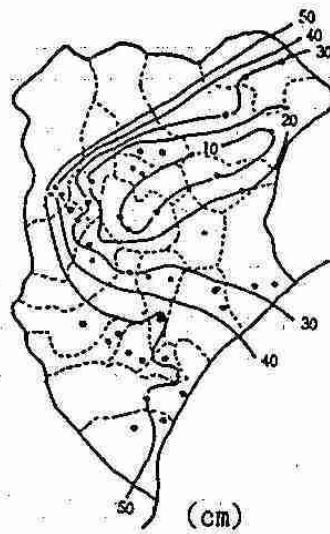


図5 最大凍結時の積雪の深さ

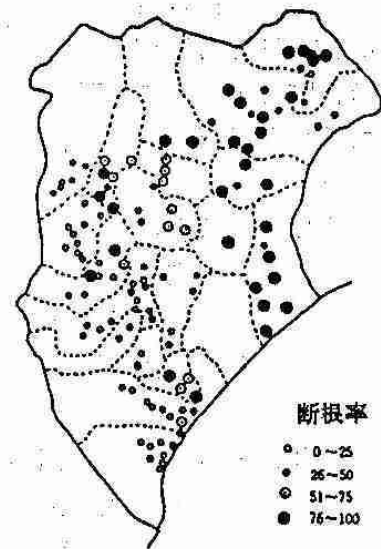


図6 凍上によるアルファルファの断根率分布 (%)

4. 植物の耐冬性と病害

凍結の深い地域でのアルファルファの被害は断根より、地温低下による主根の凍結害による冬枯れの方が問題であることが判明した。一般に、凍結害は植物体内の細胞凍結により、植物組織が破壊され生理的機能が停止する災害である。植物が0℃以下になると、細胞表面の水が最初に凍結し、次に細胞間の水が凍結する。-10℃以下にな

ると、細胞内の水が細胞外の氷に取りられ、脱水作用により萎れる。さらに温度が低下する細胞内の水が凍結し、細胞組織が死滅する。これが凍結害あるいは寒害と呼ばれる現象である。しかし、これが起る温度は植物の種類や寒さへの準備期間などによって大きく異なることが知られている。この準備期間が植物の寒さへの適応性に与える影響は大きく、冬の寒さに耐えられる性質を「耐冬性」と呼んでいる。植物は秋から冬にかけて生育を止め、翌春の成長開始のために貯蔵養分としてデンプンや中性脂肪などの形で細胞内に貯蔵する。さらに温度が低下すると水溶性の糖分やリン脂質へ転換され、細胞を凍結から守ろうとする。このように、十勝では雪が少なく凍結が深い年に、庭木などが多く枯れる被害がみられるが、耐冬性を越えた地温の低下や深い土壌凍結によるものである。

アルファルファの凍結害が発見されたが、他方凍結の浅い地域では病害が発生していることが分かった。積雪の保温効果のため、黒色小粒菌核病菌による雪腐れ病が発生し、減収の被害が発生していた。雪腐れはアルファルファ固体の枯死の恐れはないが、萌芽期を遅らせ株間の伸びに著しいバラツキを生じさせる。秋蒔き小麦やゴルフ場の芝生はこれを防止するため、降雪前に農薬散布を行うが、牧草は家畜の体内に蓄積する恐れがあるため使用できない。対策として有機質の投入による土壌改良や耐病性品種への改良を待たざるを得ない。

5. 寒さ利用技術の現状

寒冷地域では、今まで害的要因として邪魔物扱いされてきた雪、氷、凍土を積極的に利用しようという動向が活発化されつつある。こうした積極的利用例を紹介するとともに、十勝地方での有効性について述べるとする。

雪氷利用については昔からある雪や氷の保存技術が見直され、最近成果を上げている野菜や穀物の雪室・氷室貯蔵、あるいは保存雪による建物冷房の資源エネルギー利用が注目されている。貯氷冷房の実例では、プリンストン大学でのアイスポンド空調システム研究が有名である。スノーマシンで7000m³の雪を作って建物の冷房が行われた。十勝では更別農協で試験されたアイスポンド利用の冷熱貯蔵システムがある。水を粉霧して効率的に氷を製造し春季にポンド屋根部を断熱し冷水を取り出し、冷房空調システムを作動しバレイショの貯蔵に成功している。氷に異物を混入し、氷の強度増加をしてアイスクリートと呼ばれる護岸工事が行われた実例がある。アイスシェルと呼ばれる氷構造物内に野菜を貯蔵する技術も開発されている。氷と土粒子の混合体である凍土は構造部材として優れている。人工凍結による地盤凍結工法は土木的工事中の一時的な仮設構造物として利用するものである。砂・砂礫などを乱さないで凍結してサンプリングするため凍結法が実用化されている。汚泥処理をするため凍結融解脱水処理、凍結アンカー、凍土運搬路、凍土止水壁なども利用されている。

十勝では、冬期の自然寒気をヒートパイプを用いて地下に輸送し、地盤内に凍土の形で冷熱を貯蔵するシステムが開発された。畜産大学内に設置された人工凍土低温貯蔵庫では、バレイショなどの根物野菜、白米や生花の貯蔵に成功している。今後は、冬の寒さを冷熱エネルギーとして利用展開が期待されるとともに、そして作られた物を材料として利用する展開が期待される。