

群馬県浅間牧場における土壌凍結深について

大坪 輝夫¹⁾・荒木 眞之²⁾

Measurement of Ground Freezing Depth held near Mt. Asama in Gunma prefecture.

Teruo OHTSUBO¹⁾ & Masayuki ARAKI²⁾

論文目次

I. はじめに	173	IV. まとめ	178
II. 場所と方法	173	引用文献	179
III. 結果及び考察	174		

I. はじめに

筆者らは、山地における土壌凍結深を地形条件から推定する方法を考察するため、凍結深度と地形の関係を調査している^{1, 2, 3)}。本冬期（'89～'90冬期）は、群馬県吾妻郡長野原町北軽井沢に所在する浅間牧場（正式名：群馬県営浅間家畜育成牧場）において調査を行なった。その結果、修正凍結深と積算日射量の関係において、この一連の調査中で初めて見る傾向が現われた。そして、この現象が出現した理由を積雪の時期的配分及び地形条件の面から推測したので報告する。調査を許可しかつ協力してくださった、牧場の場長はじめ担当の方々に厚くお礼申し上げる。

II. 場所と方法

浅間山の裾野には、東西南北の各方向とも火山灰・火山礫が堆積した広大な波丘地が広がって、高原を成している。この波丘地は概ね平坦で標高差も少ないので、波丘地上では凍結深差も僅少と考えられた。そこで、調査の便から上記牧場を調査地に選定した。この牧場は、波丘地上で浅間山の東北麓にあたる標高約1300 mの位置にあり、面積は約800 haである。昨冬期の調査²⁾と同様に、

1) 筑波大学農林工学系

2) 筑波大学農林学系

Institute of Agricultural and Forest Engineering¹⁾, Institute of Agriculture and Forestry²⁾, University of Tsukuba, Tsukuba-shi, Ibaraki 305

日平均気温が未だ氷点下の時期の平成2年3月6日から10日の間に調査を行なった。測定は、無林の採草地あるいは放牧地において斜面方位・傾斜・標高など地形条件が異なる88の地点を選定し、手持ちエンジンドリルとボルト錐を用いて凍結土壌を垂直に穿孔して凍結層の深さを測る方法³⁾を用いて行なった。1つの地点において穿孔測定を3回繰り返し、得られた3個の測定値中の最大・最小値間に3 cm 以上の差がある場合は2～3個の測定を追加した。併せて、地点の方位・傾斜を測定し、標高を地形図から読取った。

Ⅲ．結果および考察

1. 積算寒度の推移

本牧場から南南西に約12 km 離れ、標高が300 m 低い軽井沢測候所⁴⁾における本冬期の積算寒度、すなわち日平均気温0℃以下の気温を積算した値の推移を図-1に示した。図中の2本の折れ線の上方がそれである。下方の折れ線は、ここ数年で最も寒冷であった'60～'61年冬期の積算寒度の推移を示すもので、参考のため併記した。すなわち、本冬期の特徴は初め温暖であったが、1月に入ると共に寒冷傾向に移行し、1月中旬には'60～'61年冬期におけると同程度の積算寒度進行速度を見せ積算寒度が一旦急増した。しかし、2月中旬からは再び温暖傾向に戻ったため、寒度の最大値はここ数年間の最小値を示したことも特徴である。一方、牧場における積算寒度の時期的推移を、牧場から提供を受けた当該期間の気温実測値から計算して図-2に示す。すなわち、牧場は測候所

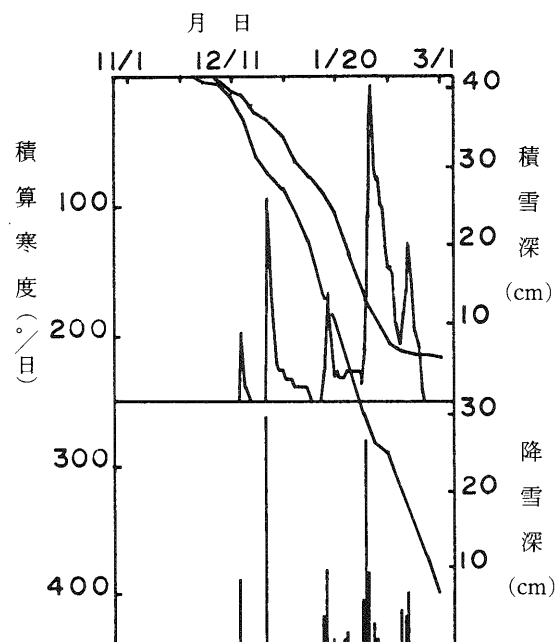


図-1 軽井沢測候所における積算寒度・積雪深・降雪深

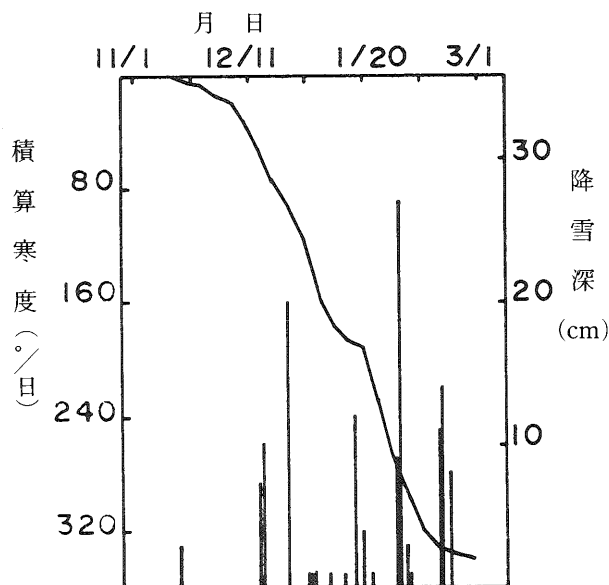
より標高が約300m 高いため、前例より傾向線が全体的に下方に移行していること、及び早い時期から低下し始めることが指摘出来る。一方、上述した本冬期の特徴は測候所よりもさらに明確に認められる。

2. 積雪深の推移

図－1 に軽井沢測候所における積雪深と降雪深の推移を併記した。本冬期の降雪の特徴は、冬期前半には2回の降雪があったがいずれも数日で融けて根雪にはならず、後半の多量の降雪によって根雪が形成されたことである。一方、図－2 の下部に牧場で観測された降雪深の時期別推移を示す。牧場は標高が高いので前半の降雪回数は軽井沢より5回多いが、その大部分が降雪深1cmの小雪である。したがって、積雪深の記録は無いものの、積雪深の推移は軽井沢と同様、前半は無雪期間こそ軽井沢より短いであろうが、降雪・一時的積雪・融雪を繰返し、後半に根雪となったと見て良い。

3. 測定値の変動係数の頻度分布

各地点とも測定値が数個ずつあるので、測定値の変異の程度を見るため地点毎に凍結深の平均値・標準偏差・変動係数を計算した。変動係数の頻度分布傾向は図－3 に示す通り、0.05～0.10に最多頻度を持つ明瞭なL型分布を示すことが判った。この分布傾向は、'87～'88冬期に調査した長野県の八ヶ岳山麓の野辺山原における耕地の例と、同地に隣接する筑波大学川上演習林内の鞍骨山の稜線及び斜面の例¹⁾ との中間的な傾向と言える。このような傾向が出現した理由の1つは、大部分の地点では測定の繰返し間差が少なかったからである。すなわち、平坦地ないし緩斜地上の採草



図－2 浅間牧場における積算寒度・降雪深

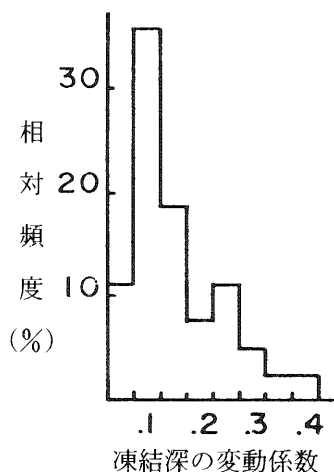


図-3 凍結深の変動係数の頻度分布

地・放牧地の土壌は全般的に深く、石礫も少ない。そして、牧草栽培の目的で耕耘されているため、耕地に準じるほど均一性が高いのであろう。一方、L型分布が示された他の理由は、少数の地点においては測定値の変動が大きかったからである。このような地点があった原因は土壌断面の観察から以下のように推察された。この波丘地では土壌層と火山礫層が互層をなすこと、傾斜地では土壌の移動によって最上部の土壌層の厚さが薄い場合があること、浅い部分に出現した礫層は耕耘の際に一部破壊される場合があること、などにある。すなわち、土壌凍結が破壊された礫層断片を含む深度或はそれ以下まで達した場合、ボルト錐では礫層断片を穿孔貫通出来ない場合が多いため、正確な深度が測定できない。このため僅かの位置の差によって凍結深度測定値に差が生じたものと考えられた。

4. 積算日射量階級ごとの地点数頻度

土壌凍結は、前報¹⁾で述べたように、気温が氷点以下になって発生し、氷点以下の気温条件の継続によって発達する。したがって、地形条件に差がない場合には、その時期の凍結深を積算寒度から推定することが出来る⁵⁾。地形差がある場合、凍結深に影響を与える要因には促進要因として放射冷却があり、阻害要因として日射・地温・積雪がある。気温及び風は、条件により促進側にも阻害側にも変化する要因である。しかし本調査地の場合、地点は全て無林地にとられたこと、地形変化が緩やかなこと、最高地点の標高は約1340 mで最低標高は1290 mと標高差が僅少であること、全ての地点が約3000 m × 750 mの狭い範囲に入っていることなどから、ここでみられる地形変化に即応した要因は、前例^{1, 2, 3)}と同様に日射と考えて良い。但し、積雪は凍結深に影響を与えるものの、気温が氷点以下の期間の融雪は日射のみによって起こるので、積雪深自体が日射量に強く影響される。

したがって、土壌凍結深に差を発生させる斜面方位・傾斜など、地形条件の差を多数の地点につ

いて統一的に表現する第一近似的な要因として積算日射量が使用できる。土壤凍結深は一般に寒冷期の進行と共に増加する積算寒度に比例して深くなるため、それを阻害する要因の効果も積算するはずと考え、地点間差を代表するのに積算値をあてた^{1, 2, 3)}のである。ここで云う積算日射量とは、各地点が受ける直達日射量の斜面換算値の日合計値を別途報告した方法で推定し⁶⁾、昨冬期²⁾と同様に12月1日から2月末日まで積算した値である。12月1日から積算した理由は、11月下旬の旬平均気温は正值であるので、図-1のように積算寒度を12月1日から計算していることに対応させるためである。積算日射量値を 100 MJ/m^2 毎の階級に区分し、地点数の相対頻度分布図を描くと図-4の通りとなる。すなわち、 $800 \sim 900 \text{ MJ/m}^2$ の階級における地点数の頻度が最も高い。その原因は、平坦地及び微斜地の積算日射量がこの程度の値をとること、牧場が波丘地にあるため平坦地が多いことによる。

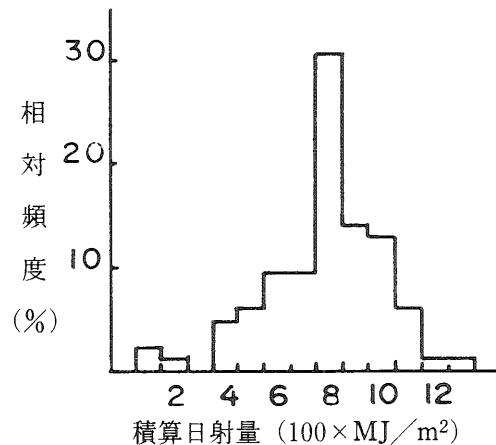


図-4 積算日射量階級毎の地点数頻度分布

5. 積算日射量と修正凍結深の関係

まず、各地点を地点が受ける積算日射量 50 MJ/m^2 毎の階級に区分した。そして、ある階級に区分された地点が、複数ある場合は積算日射量の地点間平均値をその階級の積算日射量代表値とし、単数の場合は地点の値をそのまま代表値とした。一方、凍結の底部は地表と平行であること、日射量は地表が受ける熱であることから、各地点における凍結深測定値の平均値と傾斜角から修正凍結深、すなわち凍結深の地表に直角方向の成分²⁾を求めた。そして、この場合も各階級に区分された地点が複数ある場合は、修正凍結深の地点間平均値を階級代表値とし、有意水準10%おける区間推定値を求めた。

積算日射量と修正凍結深及びその区間推定値との関係は図-5のような傾向を示したが、この傾向はこれ迄の一連の観測中で初めて出現した傾向である。すなわち、傾向線は積算日射量 800 MJ/m^2 を境とする2つの曲線から成り立っている。 800 MJ/m^2 以上の階級範囲では、'87~'88冬

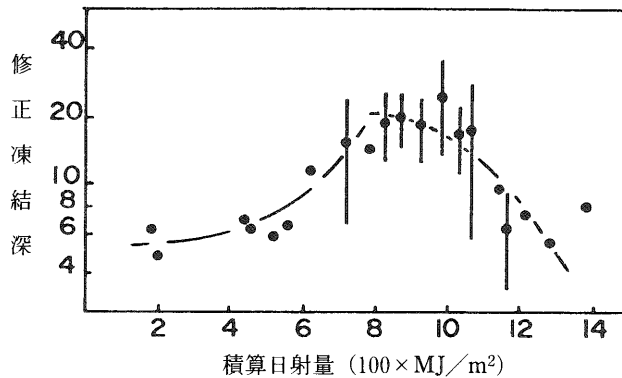


図-5 積算日射量階級毎の修正凍結深

期の式¹⁾で代表出来るような積算日射量の増加に伴う凍結深の浅化がある。しかしながら、北斜面など 800 MJ/m^2 を下回る階級では、日射量の減少に伴って深化するはずの凍結深が逆に浅化の傾向を見せている。この原因は、積雪深のデータが無いため数値的・詳細な論議は出来ないものの、小雪が繰返されたという本冬期の特徴的な降雪にあると考えられた。すなわち、日平均気温が氷点下の期間における融雪現象は日射のみに規定されるため、本冬期のような降雪条件の場合、南斜面では降雪・積雪・融雪を繰返すため無雪期間が長くなるのに対し、北斜面では積雪が累積されるため積雪深が深くなる。したがって、南斜面の土壌は夜間の冷却と昼間の加熱とを繰返し受け、凍結深の深化は起らない。一方、北斜面では積雪表面は強く冷却されるものの、雪層の断熱作用により土壌凍結の進行は阻止される。すなわち、日射量が多くなく、かつ積雪深も深くない平坦地で凍結深が最も深くなったと考えられた。

IV ま と め

'87~'88冬期の調査では、積算日射量と凍結深の間に典型的と考えられる傾向が見出された。そこで、その傾向を典型例と確定するため、同様の調査を繰返している。昨冬期は、冬期の前半に土壌凍結が進行し、後半は深い積雪があった。それにより生じる現象を融雪直後の調査により明らかにした。本冬期はそれらとはまた異なった現象が見られた。すなわち、本冬期の前半は断続的な積雪があった。したがって、日射融雪が起こる南斜面は無雪期間が長く凍結が進行したが、北斜面では積雪の累加により凍結は浅かった。そして、後半は積雪深が深かったので、前半の状態が融雪期まで保存されたものと推測された。

引用文献

- （１）荒木真之・内田煌二・大坪輝夫：地形による土壌凍結深の変化．100回日林論：197～198，1990
- （２）荒木真之・内田煌二・大坪輝夫：長野県野辺山地方の土壌凍結について．41回日林関東支論：107～108，1989
- （３）荒木真之：土壌凍結深と地形の関係．森林航測159：7～11，1989
- （４）気象協会：長野県気象月報．通巻415号～419号，1989～1990
- （５）木下誠一・鈴木義男ほか4：苫小牧における凍上観測（昭和51～52年冬期）．北大低温科学（物）35：307～319，1977
- （６）荒木真之・内田煌二：日射位・日照時間の推定プログラム．筑大演報5：141～157，1989

Summary

A measurement for the ground freezing depth (GFD) was held 5 days from 6th March of 1990, in the duration of the survey daily mean temperature was below the freezing point. The study site was taken in a wide pasture under the management by Gunma prefecture, that locates on the gentle slope from Mt. Asama. As a result of the measurement, a characteristic tendency was shown in a relation of the GFD measured at many points on the slope, to the total insolation at each point, they were summed up values of the daily total insolation, from 1st December of 1989 to 28th February of 1990. By the analysis on the daily change of snow-fall and the depth of snow cover in the duration, it was considered that the tendency is caused under the variation of heat insulation effect of snow cover.