

寡雪地域における木質チップのマルチが冬期の地温変化に及ぼす影響

佐藤 弘和¹

Effects of wood chip mulch on soil temperatures during winter in a Japanese region with low snowfall

Hirokazu SATO¹

要旨

寡雪地域では、冬期の土壤凍結に起因した寒干害が発生し、植栽木が枯死することがある。本研究は、マルチ材としての木質チップの敷設厚が土壤凍結に関わる地温変化に及ぼす影響について検証した。試験地は北海道南端に位置するえりも町で、チップがない無処理区（0cm敷設厚区）、チップの敷設厚が10cmと20cmの試験区（10cm敷設厚区、20cm敷設厚区）を設けて、それぞれ10cm深の地温ならびに気温について自記測定を行った。0cm敷設厚区と10cm敷設厚区では1～3月において地温が0℃を下回ることがあり、土壤が凍結していたことが示唆された。20cm敷設厚区では地温が0℃を下回ることがなかった。地温が0℃以下であった時間の累積値は、0cm敷設厚区が1,927時間、10cm敷設厚区が123時間、20cm敷設厚区が0時間と大きく異なっていた。これより、当地域では、木質チップの敷設厚を20cmにすれば土壤凍結を防ぐ可能性があることが示された。

キーワード：地温、土壤凍結、木質チップ、マルチ

はじめに

北海道の太平洋沿岸域のうち、胆振、日高、十勝、釧路、根室地方は寡雪地域に相当し、冬期には土壤凍結が発生しやすい条件下にある。これらの地域では、土壤凍結が発生し、主として常緑針葉樹の根が吸水困難な状態に陥り、乾燥枯死する「寒干害」がたびたび生じる（Masaka *et al.*, 2010）。このように、寡雪地域における土壤凍結防止対策は、育苗や植栽木の維持管理において早急に講じなければならない。

土壤凍結の防止技術には、①土壤改良による凍結抑制、②保温効果を期待したマルチングによる凍結抑制、があげられる。①については、植栽地すべてを客土することは労力とコストがかかるため、植栽地面積が大きくなるほど適用が困難になる。②については、①の土壤改良に比べて比較的安価に実施することができるが、導入に際する条件として保温効果の高いマルチ材を選ぶことが鍵となる。著者は、マルチ材として木質チップ（以後、単に「チップ」と称する）に着目した。

これまで、木材の需要拡大のためにチップの有効活用が模

索されている。例えば、チップを雑草抑制のために植栽木周辺に敷設するマルチ材として利用する事例（清水, 1997；比嘉ら, 2002；金澤ら, 2004）や、道路のり面における生育基盤材として利用する例（池田ら, 2003；二見ら, 2003）が検討されている。北海道日高地方は馬産地として有名であるが、冬季のトレーニングを行う上でコースの土壤凍結が問題視され、実際に競走馬のトレーニングコース上にチップを導入している。チップの利用は、林業以外の分野でも拡大する傾向にあるが、チップによる土壤凍結防止効果を検証した例は少ない（Masaka *et al.*, 2010）。マルチ材としてチップを導入する場合、その敷設厚は考慮しなければならない事項である。敷設厚の違いによる地温の変化に言及した研究はあるが（川九・桃井, 2003）、寒冷寡雪地域を対象とした事例ではない。

本研究は、北海道内の寡雪地域において、マルチ材利用を想定した木質チップの敷設厚が土壤凍結に関わる地温の変化に及ぼす影響について検証した。

試験地概要

調査は、北海道日高地方の最南部に位置するえりも町で行

^{*1} 北海道立総合研究機構林業試験場 Forestry Research Institute, Hokkaido Research Organization, Bibai, Hokkaido, 079-0198
[北海道林業試験場研究報告 第53号2016年3月 Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute, No. 53, March 2016]

った。気象庁ウェブページ (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>, 2016年1月現在)によると、観測地点「えりも岬」の記録では、年平均気温が6.9℃ (1971～2000年の平均値、以後に示す気象項目の平均値は同期間の値)、年平均降水量が965.3mm、年平均風速が8.2m sec⁻¹である。1～3月の各月において月平均気温を年平均した値は0℃以下であり、特に、1月と2月では月平均最高気温を年平均した値においても0℃以下である。観測地点「えりも岬」では積雪深が測定されていないため、調査地近傍に位置する観測地点「浦河」での積雪深データを参照したところ、調査期間における同地点の月別最深積雪深は、2004年2月に記録された13cmが最大値であった(気象庁ウェブページより)。以上のことから、同地域は寡雪地帯であるために、土壤凍結が起こりやすい環境下にある。古い記録ではあるが、石川・鈴木(1964)によれば、同地域の土壤凍結深度は約10cmとされている。

試験区の土地利用は丘陵内の谷底部に位置する草地跡地であるため、上層木と下層木はともに無い。下層植生は、ミヤコザサを主体とする草本である。表層土壤は、黒色のシルト質土壤である。

試験は、日高森づくりセンター(現、日高振興局森林室)が行った木質チップのマルチによる雑草抑制試験区を利用した(日高森づくりセンター普及課, 2004)。この試験区では、1m×1mサイズの木枠により周囲から隔離された方形区が3つ並列しており、枠内にトドマツを粉碎したチップを5cm, 10cm, 20cmの厚さで2003年4月に敷設した。なお、チップの形状は方形や棒状を呈しており、サイズも不揃いである。チップを5cm敷設した方形区の隣には、チップが敷設されておらず木枠がない無処理区を設定した。

研究方法

土壤凍結の状況を把握するため、10cm敷厚と20cm敷厚(以後、それぞれ10cm敷厚区、20cm敷厚区と呼ぶ)ならびにチップがない無処理区(以後、0cm敷厚区と呼ぶ)の枠内中心部(0cm敷厚区は仮想枠の中心部に設定)において、もともとの地表面から10cmの深さに先端が位置するようにステンレス製針型温度センサーを埋設した。同センサー3本を4chの自記記録計(オンセット社製ホボH8)に接続し、地温の連続観測を行った。この試験区に接する場所においては、自記記録計の残りのチャンネルに別のセンサー(設置高約0.8m)を接続し、気温の連続観測も行った。気温と地温の測定時間間隔は、ともに1時間である。観測期間は、2003年10月1日～2004年10月1日である。ただし、観測期間中において動物により温度センサーが切断されたことから、解析対象としたデータ期間は2003年10月1日～2004年8月30日とした。

観測された気温および各試験区の地温の時間データより、日最低値、日最高値、日較差をそれぞれ算出した。

結果

1. 日最低気温と日最低地温

日最低気温と日最低地温の変化について、図-1に示す。2003年10月以降の日最低気温は、日によって変動するものの、徐々に低下する傾向にあった。2003年11月5日以降には日最低気温が0℃以下となる日が出現し始め、2003年12月30日～翌年3月30日ではすべての日において0℃以下の日最低気温を示した。同期間内では、日最低気温が-10℃を下回る日が観測された。2004年4月以降では日最低気温が0℃を超える日がたびたび記録され、5月3日以降は0℃以下の値が記録されなかった。

各試験区における日最低地温は、気温同様、2003年10月以降に徐々に値が低下し続ける傾向を示した。2004年1～3月では、3つの試験区で日最低地温が横ばいになる変化を示した。同期間内の値は試験区によって異なり、0cm敷厚区と10cm敷厚区において日最低地温が0℃以下を示す日が記録された。

日最低地温の月平均値は、2003年10月～2004年1月の降温期間で、【20cm敷厚区】>【10cm敷厚区】>【0cm敷厚区】の順であった(表-1)。2004年2月では、20cm敷厚区と10cm敷厚区の月平均値が同程度となり、0cm敷厚区が負の値であった。同年3月にはすべての調査区で同程度の月平均値であったが、昇温が始まる4月では【20cm敷厚区】が最も低い値であった。5～6月の昇温期前半では、調査区の月平均値の値差が0.6℃以内に収まっていた。7月では、0cm敷厚区が最も低い月平均値を示した。

2. 日最高気温と日最高地温

日最高気温と日最高地温の変化について、図-2に示す。2003年10月以降、日最高気温は徐々に低下する傾向がみられた。2003年12月～2004年3月では日最高気温が0℃以下となる日がたびたび記録された。

各試験区における日最高地温は、気温同様、徐々に値が低下し続ける傾向であった。2004年1～3月では、3つの試験区における日最高地温が横ばいになる変化を示した。同期間において0cm敷厚区では、日最高地温が0℃以下の日が継続していた。10cm敷厚区では、日最高地温が0℃以下を示す日がわずかだが記録された。

日最高地温の月平均値は、2003年10～11月で、【20cm敷厚区】≒【10cm敷厚区】>【0cm敷厚区】の順であった(表-2)。2003年12月～2004年2月までは、20cm敷厚区の月平均値が最も高い値を示し、2004年1～2月では、0cm敷厚区が負の値であった。昇温期を含む同年3～6月では0cm敷厚区が最も高い値を示した。昇温期後半の7月では、調査区の値差が0.8℃以内に収まっていた。

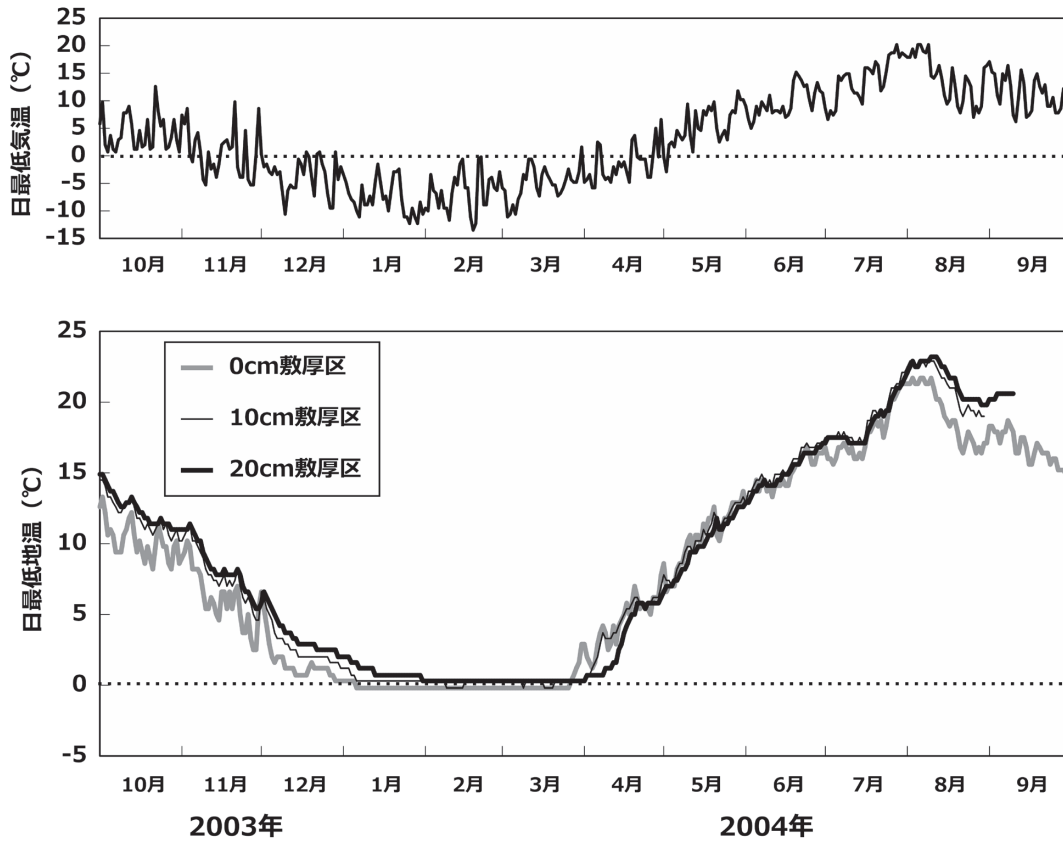


図-1 日最低気温と各試験区における日最低地温の変動

表-1 日最低気温および日最低地温の月平均値と標準偏差

年月	気温	0cm敷厚区	10cm敷厚区	20cm敷厚区
	Ave. ± S.D. (°C)	Ave. ± S.D. (°C)	Ave. ± S.D. (°C)	Ave. ± S.D. (°C)
2003年10月	4.2 ± 3.2	10.1 ± 1.2	11.9 ± 1.2	12.3 ± 1.1
11月	0.4 ± 4.3	6.1 ± 2.0	7.7 ± 1.8	8.2 ± 1.7
12月	-3.6 ± 3.1	1.4 ± 1.1	2.6 ± 1.2	3.4 ± 1.3
2004年1月	-7.8 ± 3.0	-0.1 ± 0.2	0.4 ± 0.2	1.0 ± 0.4
2月	-6.2 ± 3.6	-0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.2	0.3 ± 0.0
3月	-5.1 ± 3.0	0.2 ± 0.8	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.0
4月	-1.4 ± 3.2	4.7 ± 1.9	4.6 ± 2.0	3.6 ± 2.3
5月	5.7 ± 3.4	10.6 ± 2.0	10.6 ± 1.9	10.1 ± 1.9
6月	9.7 ± 2.7	15.0 ± 1.2	15.6 ± 1.2	15.2 ± 1.3
7月	25.5 ± 5.0	17.9 ± 1.9	18.9 ± 1.7	18.7 ± 1.6

※2004年8月以降は、8月30日までのデータしかないため、月平均値の計算から除外

3. 気温日較差と地温日較差

気温日較差は、観測期間を通じて2~20°Cの値を記録した(図-3)。気温日較差の変動では、日最高気温や日最低気温のような明瞭な傾向は認められなかった。

各試験区における地温日較差は、2004年1~3月において値が1°C未満を記録する日が多かった。0cm敷厚区では、観測期間を通じて地温日較差の値が最も高い傾向を示し、逆に

20cm敷厚区では観測期間中ほぼ1°C以下を示す日数が最も多かった。10cm敷厚区では、0cm敷厚区と20cm敷厚区における地温日較差に対して中間の値を示す傾向であった。

4. 地温0°C以下の累積時間の推移

2003年11月~2004年5月を対象に、毎時に観測された気温ならびに各試験区における地温のうち、0°C以下になった時

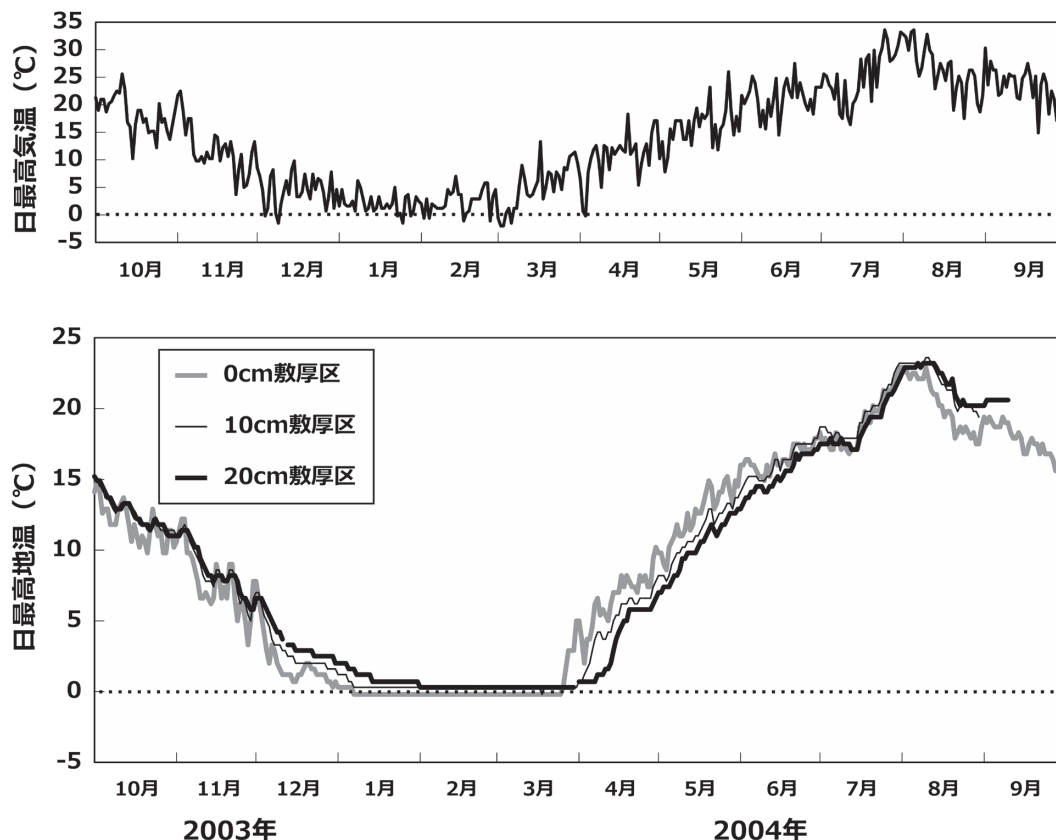


図-2 日最高気温と各試験区における日最高地温の変動

表-2 日最高気温および日最高地温の月平均値と標準偏差

年月	気温	0cm敷厚区	10cm敷厚区	20cm敷厚区
	Ave. ± S.D. (°C)	Ave. ± S.D. (°C)	Ave. ± S.D. (°C)	Ave. ± S.D. (°C)
2003年10月	18.2 ± 3.4	11.7 ± 1.3	12.5 ± 1.1	12.5 ± 1.1
11月	11.5 ± 4.1	7.7 ± 2.1	8.4 ± 1.8	8.5 ± 1.7
12月	4.3 ± 2.8	1.8 ± 1.4	2.8 ± 1.4	3.5 ± 1.4
2004年1月	2.1 ± 1.7	-0.1 ± 0.2	0.4 ± 0.3	1.0 ± 0.5
2月	2.5 ± 2.2	-0.2 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.3 ± 0.0
3月	5.4 ± 4.0	0.5 ± 1.5	0.2 ± 0.2	0.3 ± 0.1
4月	10.8 ± 4.1	6.8 ± 1.9	5.2 ± 2.0	3.8 ± 2.3
5月	16.3 ± 3.7	12.6 ± 1.9	11.3 ± 1.8	10.3 ± 1.8
6月	21.4 ± 3.0	16.5 ± 0.9	16.4 ± 1.2	15.4 ± 1.3
7月	14.3 ± 3.7	19.2 ± 2.0	19.7 ± 1.8	18.9 ± 1.6

※2004年8月以降は、8月30日までのデータしかないため、月平均値の計算から除外

間数を累積した(図-4)。気温では、2003年11月に0℃以下になった日が観測されてから、翌年4月まで累積時間が増加し続けた。最終的に気温が0℃以下となった累積時間は、2,071時間(86.3日間相当)であった。0cm敷厚区では、2004年1月に0℃以下になった日が観測されてから、同年3月まで累積時間が増加し続けた。最終的に地温が0℃以下になった累積時間は、1,927時間(80.3日間相当)と、気温の0℃以

下の累積時間に近い値を示した。10cm敷厚区では、2004年2月に0℃以下になった日が観測されてから横ばいになっており、次いで同年3月に増加してから横ばいの変化を示した。最終的にこの試験区における0℃以下の累積時間は、123時間(5.1日間相当)であった。20cm敷厚区では地温が0℃以下にならなかったため、0℃以下の累積時間は0時間であった。

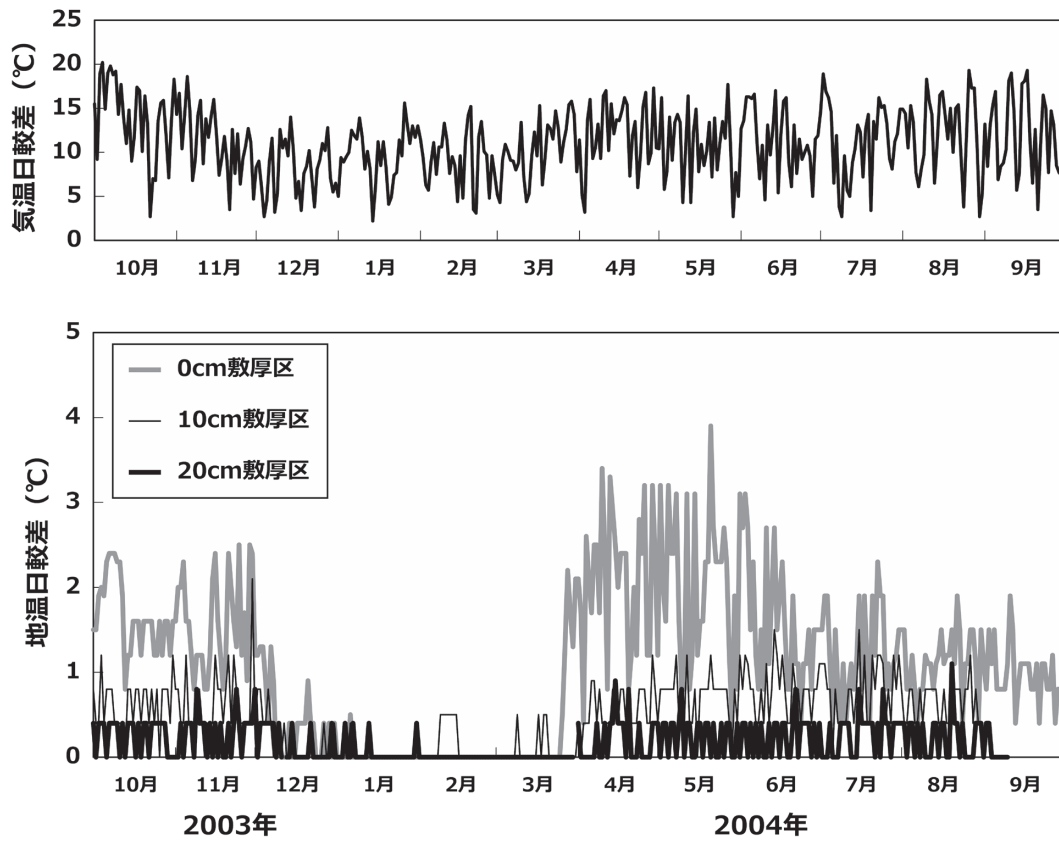


図-3 気温日較差と各試験区における地温日較差の変動

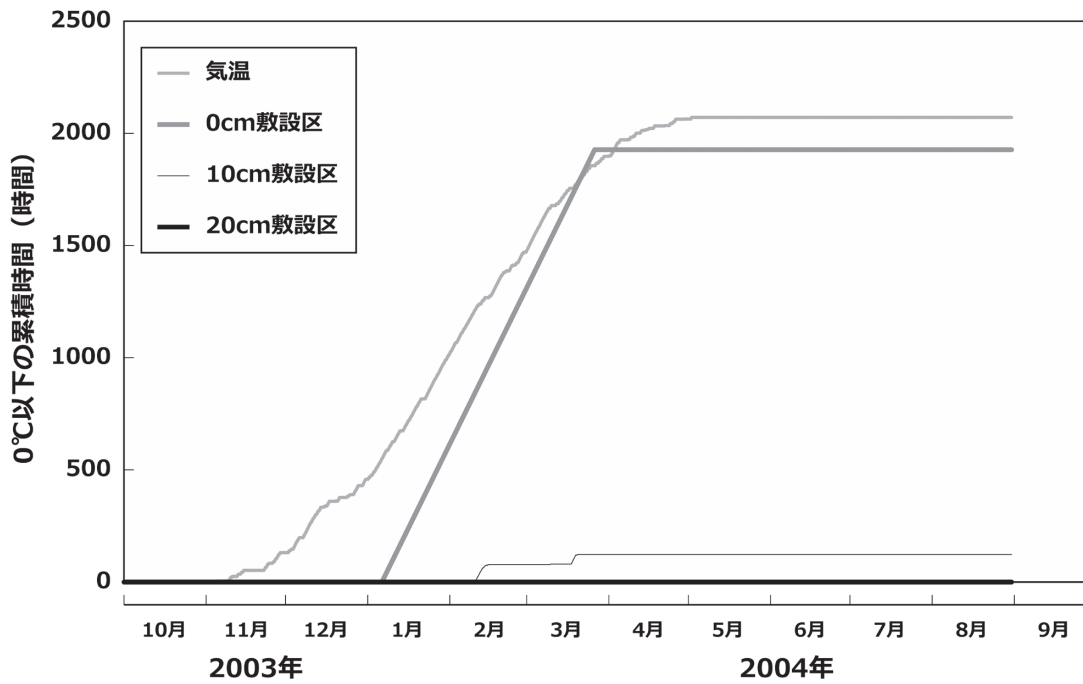


図-4 気温と各試験区における地温0°C以下の累積時間

考察

1. 寡雪地域における木質チップによる地温低下抑制効果

本研究では地温のみを測定しているため、実際に土壤凍結が生じたかは確認できない。溝口・矢吹(2002)では、寒波が地中に到達しても、土壤間隙内の水が凍結するときに多量の潜熱を放出するため地温は0℃に保たれているとの記述がある。本研究では、土壤凍結の目安となる閾値として0℃以下の地温変化に着目し考察する。

チップを敷設すると、地温が0℃以下になる日が、敷設しなかった無処理区に比べ減少した。20cm敷厚区では観測期間中、地温が0℃以下にならないことから(図-4)、チップの敷設厚が厚いほど土壤地温の低下は抑制される傾向であった。特に、少なくともチップを20cmの厚さで敷設することにより、北海道における寡雪地域において0℃下以下の地温になることを防ぐことが確認された。

10cm敷厚区において、地温が0℃以下になった理由を考察する。0cm敷厚区では、2004年2月11~12日に終日地温が0℃以下であった。この原因としては、前日の2月10日に日最低気温が-11.7℃を記録しており、気温の低下により敷設厚が10cmでも地温が0℃以下になったことが推測される。10cm敷厚区では、2004年3月18~19日も終日地温が0℃以下を記録した。前日の3月17日には日最高気温が13.3℃を記録していたことから、この日の気温上昇で融雪が進み、10cm敷厚区を覆っていた積雪深が減少したことが想定される(正確な積雪深の記録がないため、ここでは推測に留める)。さらに、翌日の日最低気温が0℃以下を記録していたことから、積雪による被覆効果が低下することで0℃以下の地温を招いたものと考えられる。

雑草抑制や道路のり面緑化に用いられるマルチ材として木質のチップを導入した研究において地温を測定した川九・桃井(2003)は、チップの種類(広葉樹と針葉樹)、部位(幹、枝葉、根)、敷設厚(10, 15, 20cm)を組み合わせて、チップによる土壤表層(5cm深)の温度変動緩和効果について検証している。これによると、冬期において約-6℃の最低気温が記録された例では、裸地の温度較差が3.7℃である一方、チップマルチではチップの種類や敷設厚に関わらずほぼ1℃もしくはそれ以下で、冬期でも温度変動緩和効果が極めて明瞭であった。本研究での10cm敷設区、20cm敷設区の地温日較差が0cm敷設区の地温日較差に比べて低い値であったことは、川九・桃井(2003)の報告と調和している。しかし、チップの敷設厚の違いでは地温変動に差がないとする川九・桃井(2003)の結果とは異なり、敷設厚が大きいほど地温日較差が小さく、あわせて日最低地温が0℃以下にならないことが確認された。敷設厚の違いにより地温変動が異なった理由としては、当試験地では冬期における日最低気温が-10℃を下回る日が観測されるなど、川九・桃井(2003)の試験地より

気温が低く地温も低下しやすい条件下であったことが示唆される。

マルチ材としてのチップが地温の温度変動(日較差)を緩和する効果(図-3)には、チップの熱伝導に関わるパラメータが起因していることが想定される。本間ら(2008)は、カラマツのホワイトチップの熱伝導率について、気乾状態(105℃乾燥後、23℃室温で気乾)で $0.066 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 、室温養生した状態で $0.124 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 、湿潤状態(1日、水中に浸漬)で $0.165 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ と報告している。梶原(1960)による野外測定から得られた表土の熱伝導率の値は、 $0.23 \sim 1.12 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ であった。これの値に比べホワイトチップの熱伝導率は低い値を示していることから、チップの熱伝導率は土壤のそれに比べて低く、熱が伝わりにくい。チップの敷厚が最も厚い20cm敷厚区では、他の敷厚区に比べて熱が地表面に到達しにくいことが容易に想定される。20cm敷厚区の地温日較差が他の試験区に比べて最も低い値を示す傾向にあることは、これを支持する現象のひとつといえる。

2. 寡雪地域における木質チップマルチの留意点

熱伝導は気温変動のみならず、土壤水分状態で容易に変わるため、チップによる地温変動抑制効果は地域差が大きいことが想定される。本間ら(2008)の報告からは、チップ中の含水比の増加にともない、熱伝導率の値が高くなることも読み取れる。チップによる濁水濾過実験では、チップに投入した水量の約1/4がチップに吸水された例がある(佐藤ら、2004)。チップの吸水性に着目すれば、排水性の高い立地に適した樹種を保護する用途でチップのマルチを行う場合には、過湿の点について注意を要する。

日高地方門別に位置する海岸林で行われた試験では、厚さ15cmの木質チップマルチ試験区において土壤凍結が確認されており、融雪時期にはチップ敷設のない区より凍結深は浅いが、凍結期間は長い結果であった(Masaka *et al.*, 2010)。本研究では、チップの敷設厚が20cmであれば地温が0℃以下にならなかったが、チップによるマルチでは、冬期間において土壤凍結を完全に防ぐほどの敷設厚を設定するよう留意しなければならない。今後は、土壤凍結を完全に抑制するチップの敷設厚について現地試験などで明らかにする必要がある。

この研究を進めるにあたり、当時、日高森づくりセンター(現、日高振興局森林室)の職員であった小山内裕司氏(現、胆振総合振興局森林室)を始め、普及課職員の皆様に御協力いただいた。ここに記し、感謝の意を表します。

引用文献

日高森づくりセンター普及課(2004) 移動式チップパー機粉碎チップによるマルチング試験について. 山づくり平成15年度胆振・日高地域版: 14-15.

- 比嘉政隆・漢那賢作・宮城 健 (2002) 木材チップのマルチング効果について. 沖縄県林業試験場研究報告 45:1-8.
- 二見肇彦・牧 孝憲・猪俣景悟・楠浦重富 (2003) 未分解チップを有効利用した生育基盤材による自然回復手法について. 日緑工誌 29 (1): 185-188.
- 本間弘達・上田 徹・媚山正良・佐々木賢知・佐藤秀幸・阿部行雄 (2008) 雪山断熱材としての木質チップ材の基礎性能に関する実験報告. 寒地技術論文・報告集 24:486-491.
- 池田 桂・橋本富男・渡部恵示・大内 保・寺澤雅樹 (2003) 切土法面における木質チップを利用した緑化事例. 日緑工誌 29 (1): 182-184.
- 石川政幸・鈴木孝雄 (1964) 北海道における1964-1965冬の最深凍結深の分布. 林業試験場北海道支場年報: 238-248.
- 梶原昌弘 (1960) 3. 表土1mの平均熱伝導率測定 (第1報). 北海道大学地球物理学研究報告 7: 31-36.
- 川九邦雄・桃井信行 (2003) 高速道路のり面におけるウッドチップマルチングの物理的变化と温度緩和効果. 日緑工誌 29(1): 178-181.
- 金澤好一・竹内忠義・高橋史彦 (2004) 木材チップ等の敷設による下刈りの削減効果. 群馬県林業試験場研究報告 10: 1-12.
- Masaka, K., Sato, H., Kon, H., and Torita, H (2010) Mortality of planted *Pinus thunbergii* Parlat. saplings subject to coldness during winter and soil types in region of seasonal soil frost. *Journal of Forest Research* 15: 374-383.
- 溝口 勝・矢吹裕伯 (2004) 積雪寒冷地における地温変化と土壌の凍結融解過程. 農土誌 70(4): 321-324.
- 佐藤弘和・神田克明・藤八雅幸・新岡善宣・近 大輔・寺澤健治・野口稔弘 (2004) 木質チップ充填型側溝による浮遊土砂流出の抑制効果. 北海道立林業試験場研究報告 41: 1-14.
- 清水 一 (1997) 木材チップは雑草を抑制できる. 光珠内季報 109: 1-5.

Summary

Frozen soil often kills planted saplings in cold regions with little snow. In this study, the effect of wood chip mulch on soil temperature fluctuation was investigated, with a focus on the ability to prevent soil from freezing. The study was conducted in 2003 in Erimo, southern Hokkaido, a town in a region with little snow. Ground temperature was measured using auto-recorders at a depth of 10 cm from the soil surface in plots of varying wood chip depths (0, 10, and 20 cm); air temperature was automatically measured adjacent to the 20-cm wood chip plot. Ground temperatures below 0°C were often observed in the plots containing 0-cm and 10-cm depth wood chips during the cold, snowy season (January and March); the

topsoil was most likely froze in these plots. In contrast, the soil underneath the 20-cm-depth wood chip mulch likely did not freeze, having ground temperatures that were always above 0°C during the same season. The cumulative times with ground temperatures below 0°C in the 0-cm, 10-cm, and 20-cm plots were 1,927, 123, and 0 h, respectively. Thus, a wood chip depth of 20 cm is expected to protect topsoil from freezing in areas like Erimo.

Key words

ground temperature, soil freezing, wood chip mulch