

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580198

研究課題名(和文)積雪制御による天然更新促進技術の開発

研究課題名(英文)Development of snow control techniques that facilitate natural tree regeneration

研究代表者

尾張 敏章(Owari, Toshiaki)

東京大学・農学生命科学研究科・准教授

研究者番号：00292003

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：林地における積雪の量・期間を人為的に制御することで、暗色雪腐病菌による自然散布種子の感染被害を抑え、天然更新を促進するための技術を開発した。苗畑野外実験、コンテナ人工接種試験、林内実証試験の結果から、天然更新を促進するための積雪制御手法としては、特に低標高において、地表の凹凸処理が最も有効である可能性の高いことが示唆された。冬期間の土壌凍結を促進することで、菌類の種子への感染・加害を抑制し、自然散布種子の発芽率を向上させる効果が期待できる。

研究成果の概要(英文)：As a novel technique for natural forest management in snowy regions, we aimed at developing snow control treatments that contribute to prevent snow blight diseases at the seed germination stage and to facilitate natural tree regeneration. Results from our field trials indicated that the artificial formation of uneven ground surface may be an effective treatment particularly on a lower elevation. It enhances soil frost during winter, which likely has a positive effect inhibiting seed infection and damage caused by the pathogenic fungus and increasing the rate of germination in a natural forest.

研究分野：森林経営学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：積雪制御 積雪除去 降雪遮断 融雪促進 暗色雪腐病菌 感染防除 天然更新 天然林再生

1. 研究開始当初の背景

天然林施業においては、個体の新規加入を主に天然更新に依存するが、わが国では人工植栽に比べて更新の確実性が低い。そのため、天然更新をいかに確保するかが天然林施業の技術的課題となってきた(小山、2003)。北海道における主要な天然更新制限要因として、林床のササと暗色雪腐病菌(*Racodium therryanum* THUEM.)の2つが知られている。前者への対応としては、重機によってササを除去するかき起こし施業が確立している(梅木、2003)。後者も同様に、菌が生息する腐植層を機械的に除去する方法が採られてきた。しかし、かき起こし後の更新はカンバ類にほぼ限られるほか、更新木の成長不良や埋土種子の損失といった弊害が指摘されている(後藤・津田、2007)。

暗色雪腐病菌は低温多湿の積雪環境下で活動し、積雪期間が長いほど種子や稚苗の感染被害は増える(Cho *et al.*, 2007)。病原菌は異なるが、雪腐性病害の被害は小麦など農作物でも深刻である。農業では、根雪前の薬剤散布とともに、春先に融雪剤を散布して融雪を促進し、積雪期間の短縮により病原菌への接触を抑える耕種的防除法が普及している(山名、2009)。天然林施業においても、積雪環境を人為的に制御することで、種子や稚苗の感染被害を防ぎ、天然更新を促せるかもしれない。しかしこれまで、天然林内で積雪を制御する試みは行われてこなかった。

2. 研究の目的

そこで本研究では、林地における積雪の量・期間を人為的に制御することで、暗色雪腐病菌による自然散布種子の感染被害を抑え、天然更新を促進するための技術を開発する。積雪状態の動的プロセスを考慮した複数のアプローチ(積雪除去、降雪遮断、融雪促進)による積雪制御手法を検討する。各々の手法の適用が積雪動態に及ぼす影響、および積雪動態が種子の菌感染被害に及ぼす影響を解明する。両者の科学的知見を総合し、天然更新の促進に有効で実用化可能な積雪制御手法を提案する。多雪地帯に位置する天然林の再生と持続的管理に対して、従来にない新たな発想に基づく施業技術を具体的、実証的に提示する。

本研究では、東京大学北海道演習林を調査地とし、研究期間内に次の研究課題に取り組んだ。

(1) 自然条件下での積雪開始から融雪期までの暗色雪腐病菌のエゾマツ種子への感染率、種子健全率の変化を調査し、積雪下で種子が暗色雪腐病菌に感染する時期を特定する。また、ササ地および「かき起こし」処理によって鉍質土壌を露出させた地表において、暗色雪腐病菌のエゾマツ種子への感染を調査す

る。

(2) 演習林苗畑における野外実験により、積雪制御手法の適用が積雪状態と林床環境に及ぼす影響を明らかにする。また、コンテナボックスを用いた暗色雪腐病菌の野外人工接種試験により、積雪制御手法の適用が林床環境および種子の菌感染と活性に及ぼす影響を明らかにする。

(3) 天然林内での実証試験により、積雪制御手法の適用が積雪状態と林床環境に及ぼす影響、および積雪制御に伴う林床環境の変化が種子の菌感染と活性に及ぼす影響を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) トドマツとエゾマツが生立する針広混交林の林床に2 m×2 mの方形区を設定し、根雪前の2010年12月、方形区の内四角と中央部の5箇所に、精選したエゾマツ種子50粒を入れたシードバッグ計50個を設置した(図1)。2011年1月から5月にかけて、シードバッグを5回に分けて回収し、暗色雪腐病菌への感染率と種子の健全率の経時変化を調査した。



図1 林床へのシードバッグ設置作業

2011年秋には、比較的大きな面積の林冠ギャップに広がるササ地、および重機を用いてササを除去したかき起こし地の地表に、エゾマツ種子を封入したシードバッグを設置した。融雪後の2012年5~6月にシードバッグを回収して菌の分離を行った。

(2) 2011年11月中旬、演習林苗畑に4つの処理区(除雪、融雪剤散布、雪囲い、凹凸)と対照区を各4か所、計20か所の試験区を設置し、積雪深と土壌凍結深を定期的に測定した(図2)。また、各試験区の地表面にデータロガーを設置し、温度と土壌水分を計測した。2012年3月中旬には、除雪と融雪剤散布の各処理を実施した。



図2 演習林苗畑での積雪制御野外実験

2012年1月中旬、演習林内の平坦地に4つの処理区（除雪、融雪剤散布、雪囲い、嵩上げ）と2つの対照区（接種、非接種）を各4か所、計24か所の試験区（コンテナボックス）を設置した（図3）。非接種区を除く各試験区の土壤には暗色雪腐病菌を接種した。トドマツ、エゾマツ、ウダイカンバの種子をそれぞれシードバッグに入れ、各試験区の土壤表面に置いた。積雪深を定期的に測定し、データロガーにより地表面温度と土壤水分を計測した。同年3月中旬には除雪と融雪剤散布の各処理を実施した。消雪後に種子を回収し、菌の再分離と種子活性の調査を行った。



図3 コンテナ野外人工接種試験

(3) 天然林内の2か所（標高400m、700m）に3つの処理区（除雪、融雪剤散布、凹凸）と対照区を3か所ずつ、計24か所（12か所×2調査地）の試験区（5m×5mの方形区）を設置した（図4）。凹凸区は11月初旬にバックホーで幅1m×奥行3m×深さ1mの溝を2本平行に掘削し、両溝間の残し幅を1mとした。除雪と融雪剤散布は4月上～中旬に行った。除雪区では区画内の積雪を人力で除去し、融雪剤区では微粉炭燃焼灰を0.12L/m²散布した。各試験区では積雪深と土壤凍結深を定期的に測定した。また、各試験区の地表面にデータロガーを設置し、温度と土壤水分を計測した。トドマツとエゾマツの種子をそれぞれシードバッグに入れ、各試験区の土壤

表面に設置した。消雪後に種子を回収し、菌の分離と種子活性の調査を行った。



図4 林内実証試験での積雪制御処理。除雪区（左上）融雪剤散布区（右上）、凹凸区（左下）、対照区（右下）

4. 研究成果

(1) 暗色雪腐病菌のエゾマツ種子への感染率は、積雪開始の1か月後から増加したが、その後は変化せず、融雪期において再び増加した。一方、種子健全率は積雪期間を通して徐々に減少した（図5）。本調査から、積雪期間が長くなるほど菌による種子被害は増大すること、融雪期において種子の菌感染がより進むことが示唆された。

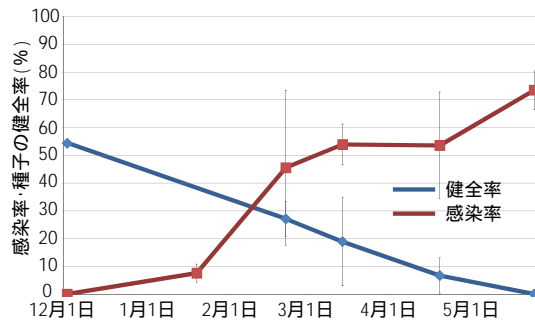


図5 エゾマツ種子への菌感染率と健全率の推移 (n=5)

ササ地とかき起こし地の調査では、いずれの調査地でも、暗色雪腐病菌のエゾマツ種子への感染はほとんど見られなかった。

(2) 苗畑野外実験では、12月3日に根雪となった後、徐々に積雪深が増し、2月末には雪囲い区と凹凸区を除いて深さ1mに達した（図6）。雪囲い区では、測定期間中の積雪深が他の区に比べて半分がそれ以下で推移し、土壤凍結の進行と地表温度の低下が観察された。凹凸区では、2月中旬から3月中旬にかけて積雪深がやや小さくなり、土壤凍結深が大きくなった。除雪区では、除雪によって融雪が早まり、地表温度が上昇した。融雪剤散布区では、対照区に比べて融雪が5日間早まった。本野外実験を通じて、積雪処理手法の適用による積雪状態および地表の物理的環境の変化が定量的に示された。

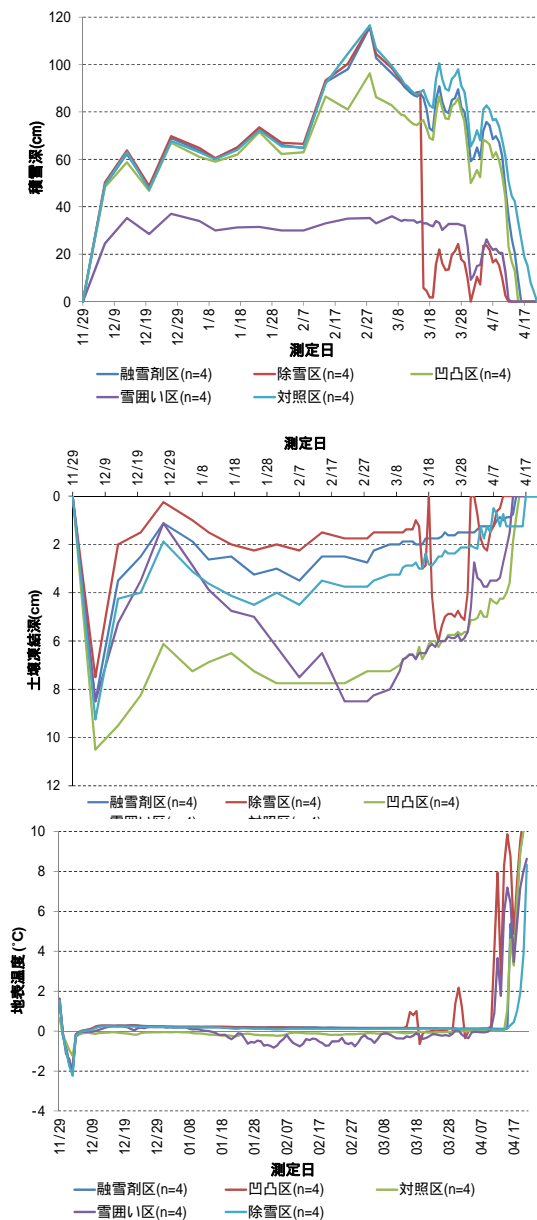


図6 苗畑野外実験における積雪深(上) 土壌凍結深(中央) 地表温度(下)の推移

コンテナ人工接種試験では、積雪制御により消雪が6~8日早まった。地表温度の測定結果から、嵩上げ区での積雪期間中の顕著な土壌凍結が推察された。暗色雪腐病菌の分離率は、3樹種とも嵩上げ区で有意に低かったものの、他の積雪制御処理区では積雪動態によらず無処理区との差が認められなかった(図7)。種子活性は、ウダイカンバでは判然としなかったものの、エゾマツとトドマツでは全ての積雪制御処理によって無処理よりも失活率が有意に減少した(図7)。以上から、除雪・融雪剤散布・雪囲い・嵩上げの4つの積雪制御処理がいずれも融雪の早期化に有効であること、厳冬期の土壌凍結が有意に菌の種子への感染を抑制すること、1週間程度のわずかな融雪の早期化が感染後の発病(種子の失活)を抑制する可能性のあること、が示唆された。

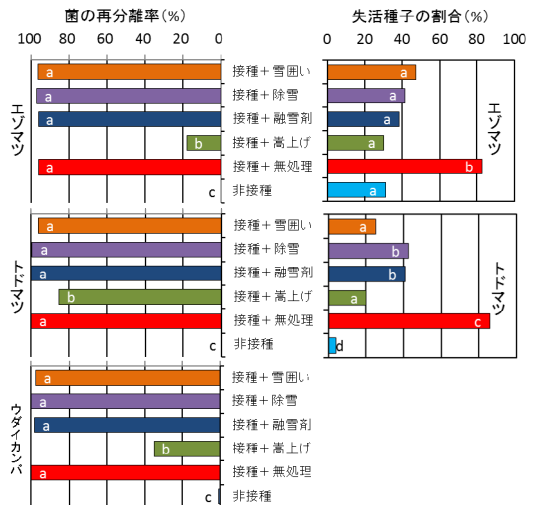


図7 コンテナ人工接種試験における暗色雪腐病菌の種子への加害性。異なるアルファベットは樹種内で有意差のある処理区を表す(Tukeyの多重比較、 $P < 0.05$)

(3) 林内実証試験の結果(図8)、凹凸区の積雪深は対照区とほぼ同様の推移であったが、溝内では堆雪が遅れて側面が露出する状態が長く続いた。除雪区では消雪が対照区に比べて1週間~1ヶ月早まった。土壌凍結深は、凹凸区では12月下旬から急速に凍結が進んで深さ40cm以上となり、融雪が進んでからも土壌は凍結した状態が続いた。除雪区では除雪後直ちに融解して測定不能となった。地表温度は、凹凸区では1月中旬から2月下旬の間に-4℃まで低下した。全ての試験区で消雪後は地表温度が上昇し、また日間変動が大きくなった。除雪区では消雪の早期化に伴って地表温度上昇も早まった。土壌水分量は、凹凸区では土壌凍結の影響により、厳冬期に含水率が10%未満に低下した。除雪区では消雪が早まったため含水率が他の試験区よりも早く低下した。融雪剤区では、融雪剤散布後も全ての測定項目で対照区と同様の傾向で推移した。本実証試験を通じて次の点が明らかになった。地表の凹凸処理は冬期間に土壌凍結を顕著に促進し、これに伴い地表温度と土壌含水率の低下をもたらす。春先の除雪は、消雪を早期化することで土壌凍結の融解・地表温度上昇・土壌乾燥の早期化に寄与する。天然林内での融雪剤散布には融雪効果がほとんど見られない。

菌類感染率は、凹凸区で低下し、この傾向はトドマツよりエゾマツで顕著であった。積雪期間の長い高標高の試験地では、低標高ほど顕著ではなかった。感染菌類に占める暗色雪腐病菌の割合は、両樹種とも高標高で低標高より低い傾向が認められたが、凹凸区では高標高で高く、除雪区では高標高で低かった(図9)。種子の健全率は、両樹種とも凹凸区が高く、高標高で低標高より低い傾向が認められた。地表の凹凸処理による土壌凍結促進、地表温度低下、含水率低下が、菌類の種子への感染・加害に対して、低標高では

抑制に関与した可能性がある。ところが暗色雪腐病菌の場合は、高標高では感染の促進に働いた可能性がある。除雪や融雪剤散布により、消雪、土壤凍結融解、地表温度上昇、土壤乾燥の早期化が期待されたが、菌類の感染・加害への影響はわずかであった。

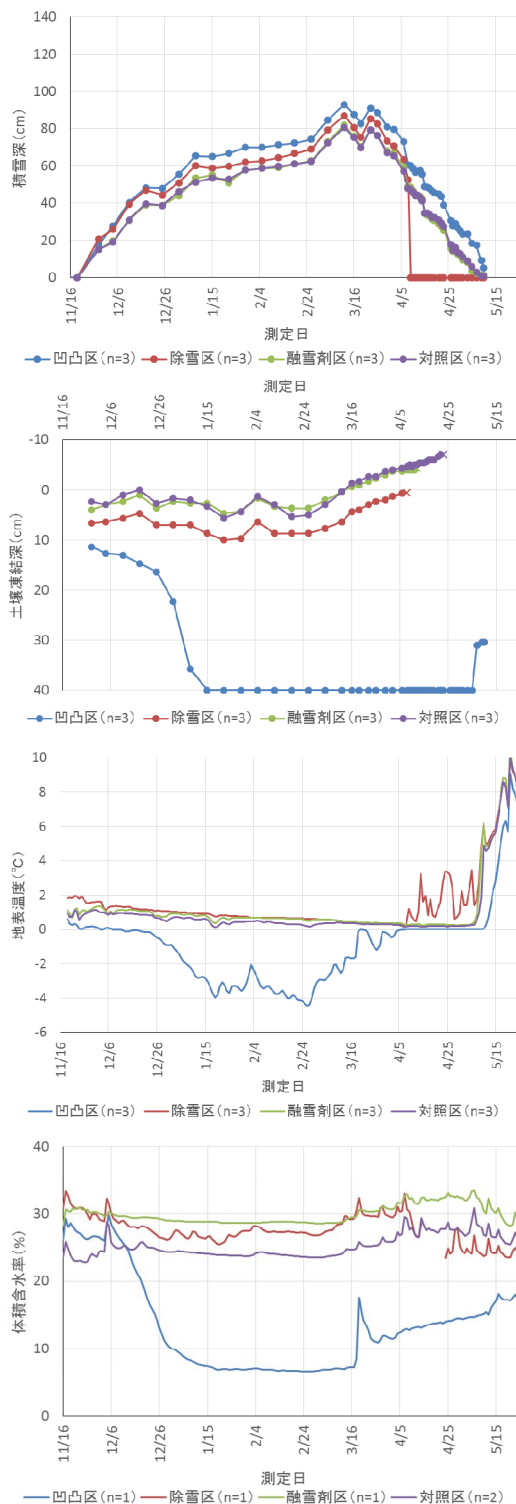


図 8 林内実証試験における（上から順に）積雪深、土壤凍結深、地表温度、土壤水分量の推移（低標高）

本研究期間中に実施した苗畑野外実験、コンテナ人工接種試験、林内実証試験の結果よ

り、天然更新を促進するための積雪制御手法としては、特に低標高において、地表の凹凸処理が最も有効である可能性の高いことが示唆された。重機を用いた地表の凹凸処理は実用化も比較的容易であると考えられ、冬期間の土壤凍結を促進することで、菌類の種子への感染・加害を抑制し、自然散布種子の発芽率を向上させる効果が期待できる。

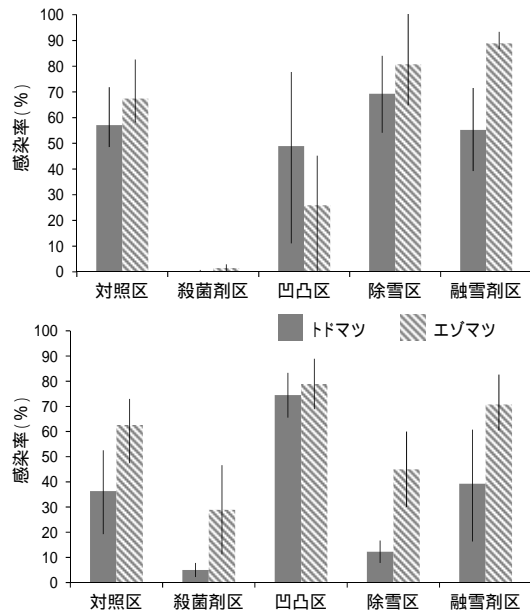


図 9 低標高（上）と高標高（下）におけるトラマトツとエゾマトツ種子への暗色雪腐病菌の感染。各区とも3ヶ所の平均値。棒は最大値と最低値を表す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

宮本敏澄、尾張敏章、坂上大翼、芝野博文、積雪の制御が土壤伝染性菌類のエゾマトツ・トラマトツ種子への加害に及ぼす影響、第125回日本森林学会大会学術講演集、2014、145

尾張敏章、坂上大翼、芝野博文、宮本敏澄、天然林内における積雪制御手法の適用が積雪深・期間と土壤凍結に及ぼす影響 - 積雪制御による天然更新促進技術の開発に向けて -、北方森林研究、62号、2014、17-18

坂上大翼、八十島大輔、宮本敏澄、尾張敏章、芝野博文、積雪の制御が暗色雪腐病菌のエゾマトツ・トラマトツ・ウダイカンバ種子への加害性に及ぼす影響、樹木医学会第17回大会講演要旨集、2012、29
Owari, T., Shibano, H., Sakaue, D., Kimura, N., Miyamoto, T., Effects of snow control treatments on snow cover and soil frost: a preliminary look, Abstracts of the 5th Symposium of Asian University Forest Consortium, 2012, 86-87

〔学会発表〕(計5件)

宮本敏澄、尾張敏章、坂上大翼、芝野博

文、積雪の制御が土壤伝染性菌類のエゾマツ・トドマツ種子への加害に及ぼす影響、第125回日本森林学会大会、2014年3月28日、大宮ソニックシティ、埼玉
尾張敏章、坂上大翼、芝野博文、宮本敏澄、天然林内における積雪制御手法の適用が積雪深・期間と土壤凍結に及ぼす影響 - 積雪制御による天然更新促進技術の開発に向けて -、第62回北方森林学会大会、2013年11月12日、札幌コンベンションセンター、札幌
坂上大翼、八十島大輔、宮本敏澄、尾張敏章、芝野博文、積雪の制御が暗色雪腐病菌のエゾマツ・トドマツ・ウダイカンバ種子への加害性に及ぼす影響、樹木医学会第17回大会、2012年11月11日、京都府立大学、京都
Owari, T., Shibano, H., Sakaue, D., Kimura, N., Miyamoto, T., Effects of snow control treatments on snow cover and soil frost: a preliminary look, The 5th Symposium of Asian University Forest Consortium, 27 Sep. 2012, Yamanashi, Japan
八十島大輔、宮本敏澄、尾張敏章、玉井裕、矢島 崇、暗色雪腐病菌のエゾマツ種子への感染時期と種子健全率の変化、第60回北方森林学会大会、2011年11月15日、札幌コンベンションセンター、札幌

6. 研究組織

(1) 研究代表者

尾張 敏章 (OWARI, Toshiaki)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・准教授
研究者番号：00292003

(2) 研究分担者

宮本 敏澄 (MIYAMOTO, Toshizumi)
北海道大学・農学研究院・講師
研究者番号：00343012

芝野 博文 (SHIBANO, Hirofumi)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授
研究者番号：00143412

坂上 大翼 (SAKAUE, Daisuke)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教
研究者番号：90313080