

International Journal から

## 表層土壌を残す掻き起こし作業の効果と課題：ウダイカンバを対象として

やま ざき はるか よし だ とし や  
山 崎 遥 ・ 吉 田 俊 也

(北海道大学環境科学院・北海道大学北方生物圏FSC)

### はじめに

北海道では「掻き起こし」や「地掻き」という呼称で、重機を用いた天然更新補助作業が広く実施されてきた。これらの作業は、カンバ類（シラカンバ・ダケカンバ）の成林に成果をあげてきた（梅木 2003）が、特定の樹種を対象とすると、施工後の更新成績は不確実なケースがあり、新たな技術の開発や知見の集積が求められている。本稿では、表層土壌の残し方を変えた代替的な作業方法が、ウダイカンバの更新成績に与える影響を評価した論文（Yamazaki and Yoshida 2018）を紹介する。

ウダイカンバは種子生産が可能となるまで平均50年（Osumi 2005）という長期間を要し、また、種子の豊凶が大きい（Osumi and Sakurai 1997）ため、天然更新の不確実性が高い。しかし一方で、ウダイカンバは寿命が比較的長い埋土種子をつくりやすい特徴を持つ（Osumi and Sakurai 1997）。そのため、埋土種子を含む表層土壌——通常の掻き起こし作業では大半が除去されてしまう——を保持することが確実な更新につながると考えられる。実際、そのような作業によって更新密度が増加したことが、これまで複数報告されている（杉田ら 2006, 後藤・津田 2007など）。

しかし、これらの結果から、単に表層土壌を残すことが有効、と結論づけることには問題がある。詳しくは後述するが、掻き起こし作業は土壌を大きく攪乱するため、その施工方法や強度によって土壌環境の変化の程度は大きく異なる。そのため、筆者らは、天然更新補助作業の適切な作業選択のために、表層土壌を残すことによる埋土種子量の増加だけでなく、土壌環境の変化も含めた作業の比較評価が必要であると考えた。

### 施工および調査方法

- 本研究では以下の3種類の作業を比較した（図-1）。方法はそれぞれ異なるが、(b)と(c)が、表層土壌を残すことを意図した施工である。
- (a) 通常掻き起こし：パワーショベル（日立建機・HITACHI ZX130L-3）を用いて表層土壌ごと下層植生を除去した。
  - (b) 表土戻し：通常掻き起こしを実施後、掻き起こした表層土壌と下層植生を、施工地外にいったん堆積し、1ヶ月後に敷き戻した（堆積期間を設けたのは、下層植生の根茎を確実に枯死させるため）。
  - (c) ふるい落とし：パワーショベルで下層植生を施工地外に除去するが、その際バケットを揺動させ、表層土壌の大半を施工地内にふるい落とした。

2013年8月、これらの施工を北海道大学天塩研究林の、カンバ類が優占している約40年生の二次林内の小面積皆伐跡地で実施した。施工後、1m×1mの植生調査プロットを複数設置し、2013年から2015年まで定期的に調査を行っ

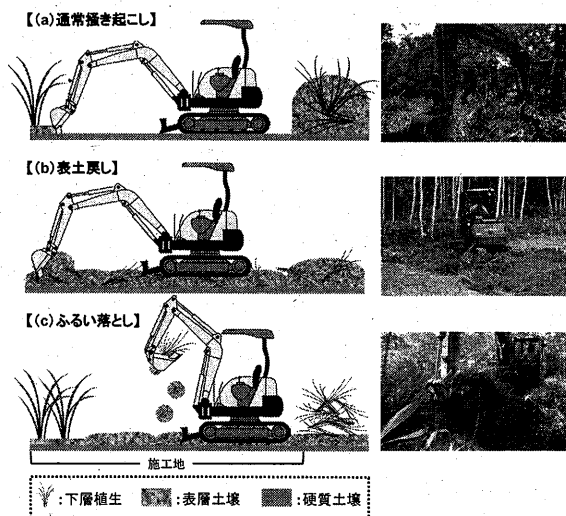


図-1 本研究で取り上げた更新補助作業

た。なお、埋土種子起源の実生を調査対象とするために、施工直後から次年度の融雪後まで寒冷紗で覆いをして新たな種子散布を制限した(写真-1)。また、土壤環境について、プロット近傍で定期的に調査を行った。



写真-1 施工直後の調査プロットの様子

### 表層土壌を残すと更新密度は増加するか？

施工翌年度におけるウダイカンバの埋土種子起源の更新密度は約50本/m<sup>2</sup>であった(図-2)。表土戻しでは更新密度が高く、表土を残すことの効果期待どおり発揮されたと言える。しかしながら、ふるい落としとしては通常掻き起こしよりも低い値にとどまっていた。

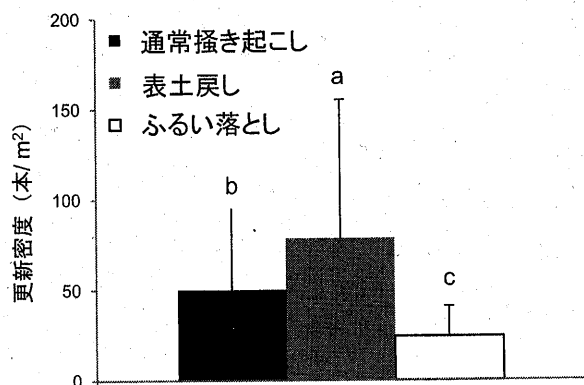


図-2 埋土種子起源のウダイカンバの更新密度  
アルファベットは有意差を示す(Yamazaki and Yoshida 2018から改変して引用)

本調査地では施工の2年前にウダイカンバの豊作年が確認されている。そのため、埋土種子寿命の長いウダイカンバ(6年経過しても半数以上が発芽可能とされる; Osumi and Sakurai 1997)の発芽可能な種子は十分に存在していたはずである。埋土種子は表層から10cm程度の深さに多くが分布する(Sakai et al. 2010)が、通常の掻き起こし作業ではその大半が除去され

(Yoshida et al. 2005)。そのため、表層土壌を残すことが埋土種子の利用可能性を向上させることは、ある程度自明と考えられてきた(佐藤 1998; 後藤・津田 2007)。しかし、本研究の結果は、表層土壌を残すことが必ずしも正の影響を及ぼすとは限らないことを明らかにした。表層土壌を残す方法の違いによって、更新を制限する何らかの要因が生じていることが考えられる。

### 更新を制限する要因

筆者らは、それぞれの作業種によって生じる土壤環境の違いが大きな制限要因となっていることを予想した。一般化線形モデルによる解析の結果、埋土種子起源のウダイカンバ実生の更新密度は土壤含水率、および土壤含水率と土壤硬度の交互作用に影響されていることが示された。土壤含水率は強い正の影響を持っており、最も更新密度が高くなるのは土壤硬度が低く、土壤含水率が高い場合であった(図-3)。

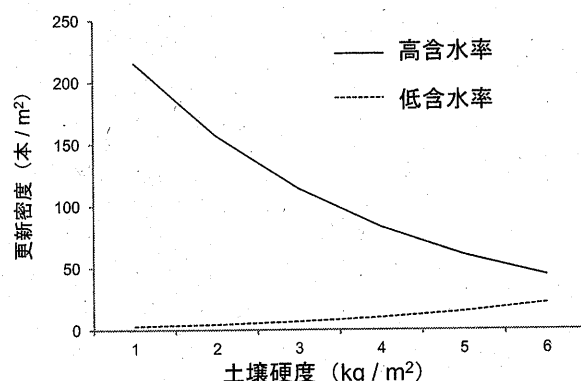


図-3 土壤環境(含水率および硬度)が埋土種子起源のウダイカンバの更新密度に与える影響

土壤含水率が45%(高含水率)と25%(低含水率)のときの一般化線形モデルの結果からの予測値を示す(Yamazaki and Yoshida 2018から改変して引用)

ここで、土壤硬度は、表層土壌の残存量の指標とみることができる。つまり、表層土壌を残すことの正の効果は、土壤含水率が高い場合にのみ有効であることが示唆された。

掻き起こし作業を実施すると、表層土壌は直達光にさらされることによって乾燥しやすくなる。このような立地で、土壤の乾燥が実生の初期定着を妨げることは多くの研究で言及されている(Resco de Dios et al. 2005; Yoshida et al.

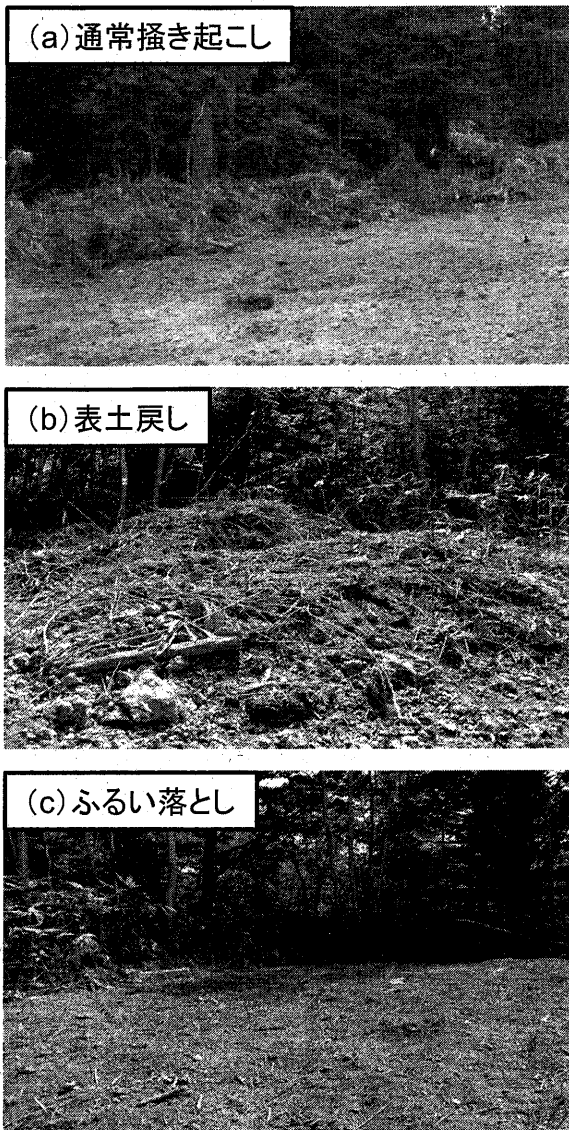


写真-2 更新補助作業直後の施工地の様子。表層の状態が大きく異なっている

2005など)。特に、ウダイカンバは乾燥ストレスに弱い (Tabata 1964) ため、この影響を強く受けると考えられる。本研究では、作業種間で深さ10cmまでの土壌含水率の有意な差は見られなかったが、筆者らが別の研究で行った調査によれば、より表層 (深さ2.5cmまで) に限ってみると、ふるい落としは表土戻しよりも土壌含水率が低くなるケースがあることがわかった。このことは土壌の構造の違いによって生じたと考えられる。土壌硬度は、土壌中の孔隙の存在を通して、土壌の浸透能や保水性と強く関係する。表土戻しは粗大な有機物 (枯死した植物体) を施工地に敷き戻す特徴から、表層の土壌孔隙のサイズや分布が多様であること (写真-2b) ことが部分的な水分の保持につながった

と考えられる。一方、ふるい落としでは表層土壌の状態が非常に均質 (写真-2c) であり、特に、降雨が少なく乾燥しやすい夏季には乾燥の影響が強く、通常掻き起こし——圧密のために表層からの蒸発が比較的少ない—— (写真-2a) と比べても、ウダイカンバの定着条件が劣ったことが考えられる。

ウダイカンバとは対照的に、施工後に多く出現した草本類のエゾイチゴとヨツバヒヨドリは、ともに表層土壌を残す表土戻しとふるい落としの双方で更新密度が高かった (図-4)。これらの種は埋土種子をつくるが (Zobel et al. 2007; Sakai et al. 2010)、比較的乾燥した土壌を好む (Saito et al. 2016) ことから、多寡のパターンがウダイカンバとは異なると考えられる。

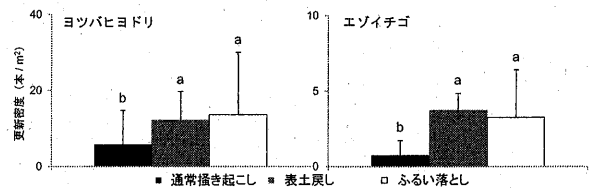


図-4 ヨツバヒヨドリおよびエゾイチゴの更新密度  
アルファベットは有意差を示す (Yamazaki and Yoshida 2018から改変して引用)

### おわりに

本研究の結果から、表層土壌を残す掻き起こし作業の効果は、施工地の状況と目的樹種の生理的特性によって異なると結論付けられる。そのうえで、ウダイカンバについては、表土戻し——埋土種子を施工地に残し、同時に土壌水分条件もある程度維持し得る——が相対的に優れた作業種であると示唆された。これまで、掻き起こし作業の効果は更新実生の多寡のパターンのみで評価されることが多かった。しかし、実際には、作業がもたらす、単に土壌を裸出させるだけにとどまらない、土壌構造の微細な変化の影響を考慮することが不可欠である。ウダイカンバのように水分要求性が高い樹種を更新目標とする場合には、ある程度の水分条件を保持できる土壌構造を創出することが必要条件になると言える。

ただし、この結果を一般化し、実際の現場で作業種選択の基準を得るためには、土壌構造の

より詳細な評価, および更新に影響するに至るプロセスの解明が必要である。また, 表層土壌を残すことがもたらす草本類の生育 (図-4) の影響評価も長期的な更新の成否評価のために欠かせない。これらの点について, 筆者らは継続して研究を進めており, いくつかの興味深い結果を得ている。それらについては次の機会があれば紹介させていただきたい。

天然更新補助作業は, 北海道における持続可能な森林施業の鍵となる存在のひとつである。今後も, このトピックについて研究を進めたい。

### 引用文献

- 後藤 晋・津田 智 (2007) ウダイカンバ二次林の資源保続に向けた地はぎ処理の試み. 日本森林学会誌, 89(2), 138-143.
- Osumi K. (2005) Reciprocal distribution of two congeneric trees, *Betula platyphylla* var. *japonica* and *Betula maximowicziana*, in a landscape dominated by anthropogenic disturbances in northeastern Japan. *Journal of Biogeography* 32: 2057-2068
- Osumi K, Sakurai S.(1997) Seedling emergence of *Betula maximowicziana* following human disturbance and the role of buried viable seeds. *Forest Ecology and Management* 93: 235-243
- Resco de Dios V, Yoshida T, Iga Y.(2005) Effect of topsoil removal by soil-scarification on regeneration dynamics of mixed forests in Hokkaido, Northern Japan. *Forest Ecology and Management* 215: 138-148
- Sakai A, Sakai T, Kuramoto S, Sato S.(2010) Soil seed banks in a mature Hinoki (*Chamaecyparis obtusa* Endl.) plantation and initial process of secondary succession after clearcutting in southwestern Japan. *Journal of Forest Research* 15: 316-27
- Saito MU, Kurashima O, Ito M.(2016) Maps of potential habitats for Japanese plant species; [accessed 2018 August 20]. <http://gnetum.c.u-tokyo.ac.jp/maphatjp/>
- 佐藤 創. (1998) 樹冠下のかき起しによる多様な樹種の更新(1)-種子散布から実生定着までの過程-. 北林試研報, 35, 21-30.
- 杉田久志, 猪内次郎, 昆 健児, 岩根好伸, 田口春孝, 大石康彦 (2006) 強度間伐および重機による地表攪乱を行ったカラマツ人工林におけるウダイカンバの更新と生長. 東北森林科学会誌, 13(1): 8-15
- Tabata H. (1964) Vessel element of Japanese birches as viewed from ecology and evolution. *Physiological Plant Ecology* 12: 7-16.
- 梅木 清 (2003). 北海道における天然林再生の試み. 日本林学会誌, 85(3), 246-251.
- Yamazaki H, Yoshida T.(2018) Significance and limitation of scarification treatments on early establishment of *Betula maximowicziana*, a tree species producing buried seeds: effects of surface soil retention. *Journal of Forest Research*, 23 (3), 166-172.
- Yoshida T, Iga Y, Ozawa M, Noguchi M, Shibata H. (2005) Factors influencing early vegetation establishment following soil scarification in a mixed forest in northern Japan. *Canadian Journal of Forest Research* 35: 175-188
- Zobel M, Kalamees R, Püssa K, Roosalu E, Moora M.(2007) Soil seed bank and vegetation in mixed coniferous forest stands with different disturbance regimes. *Forest Ecology and Management* 250: 71-6