

森林施業後の林床被覆の違いが表土流出に及ぼす影響

道総研林業試験場
道 総 研

長坂 有・今 博計・長坂晶子・棚橋生子
佐藤弘和

はじめに

林床植生や堆積リターなどの林床被覆は、降雨による土壌侵食を防止し、表土の移動を軽減することが知られている(1,4,5)。しかし、本州の過密なヒノキ林では光不足のため林床植生が消失し、細片化した落葉の流亡とともに生ずる土壌侵食が問題となっており、間伐による光環境改善で林床植生を回復させることが必要ともいわれている(6)。また、近年ではシカの食害による林床植生衰退も深刻な問題となっている(2)。他方、間伐や皆伐などの伐採作業は、集材のための作業道の敷設や、重機による林床攪乱により裸地が形成されるため、これに伴う表土流出、濁水の発生も懸念されている。北海道においても主要樹種であるトドマツ人工林の間伐遅れや、エゾシカによる食害は顕在化しており、林床被覆と表土流出についての実態把握は急務と考えられた。

そこで本研究では、トドマツ人工林において森林施業後の表土流出の実態と林床被覆との関係を明らかにすることを目的とした。

調査地と方法

1) 調査地の状況

調査は北海道岩見沢市郊外にある利根別自然休養林東麓に位置する、2haあまりの約40年生トドマツ民有林で行なった。当林分ではおよそ25年前に1伐5残の間伐が行なわれ、2007年5月時点での上木密度は1400~1600本/haとなっており、一部の伐採列には樹高2m前後のハリギリ、コシアブラ、ミズキ、キタコブシなどの広葉樹が多数侵入していた。2008年夏にこのうち0.9haが皆伐され、翌年、カラマツが新植された。また、残された列群から各1列が抜き切り(1伐2残)された。そこで、伐採終了後の2008年11月に、以下の4種類の処理区に土砂受け箱を設置し、降雨後の流入土砂量を比較することにした。

- ①2008年の間伐時に使用した、斜面方向の集材路
- ②25年前の間伐列(対照)
- ③2008年の間伐列
- ④皆伐跡地

各試験地は斜面長100~150mの東向き斜面で、勾配は12~16°と緩く、対照区では侵入広葉樹稚樹や草本が多数生育するが、集材路、間伐列では林床植生は少なく、皆伐跡地では伐採翌年の春まで、表土が露出した裸地となった。皆伐跡地以外の林床は、5~10mmの厚さでトドマツリターが堆積していた。

2) 流出土砂量の測定

土砂受け箱は開口部25cm、奥行き20cmのもの(7)を各処理区6個ずつ設置することとし、斜面下部から20m間隔で2列になるように、上・中・下段に設置した。列間は1.5m前後で、集材路では浅い轍部分、間伐列では伐採列をはさむ両側に設置した。最寄りの岩見沢気象観測所(調査地から5km)の記録で時間雨量5mm、もしくは連続降雨量20mm程度の比較的まとまった降雨があった後、土砂受け箱に流入、捕捉された土砂を回収した。このため、回収の間隔は1週間~1ヶ月となった。回収した土砂は80°Cで48時間乾燥し、2mmメッシュのふるいでリターと礫、細土に区分して秤量した。トドマツのリターはふるいを通過してしまうものが多く分画が難しいため、およそ5mm未満の破片は細土に含めた。今回の調査では礫はほとんど捕捉されなかったため、ここではリター以外を流出土砂とし、単位等高線長当たりの土砂移動量(g/m)に換算して評価した。土砂の回収期間は2009年4月~11月、2010年4月~8月で、各年とも融雪直後から開始した。

3) 林床状況調査

表土流出量に影響を及ぼすと思われる環境要因として、林床被覆状況、表層土壌硬度を調査した。林床の被覆状況は土砂受け箱直上部の50cm四方の範囲を、各箱に表土が流入する地表面の代表とみなし、5cmメッシュで100(10×10)点の格子点をもつ格子枠(3)を用いて林床要素ごとの占有率を測定した。林床要素は地上高50cm以下の植生、堆積リター、礫(>2mm)、細土(2mm≥)に4区分し、地表の侵食を保護するものとして、植生とリターを合計した値を林床被覆率とした。調査は植生が繁茂した2009年8月、2010年6月、8月に行なった。

表層土壌硬度の測定は山中式土壌硬度計により、土砂受け箱直上部から箱の幅で2列になるように、50cm間隔で2地点ずつ、計10点(2×5)測定し、平均値を箱上部の土壌硬度の代表値とした。

4) 表土流出量に関わる要因解析

各地点の土砂受け箱に捕捉された土砂量を目的変数とし、林床被覆率、土壌硬度、および各回収期間の積算降水量を説明変数として、一般化線形モデル(GLM)による解析を行なった。なお、林床被覆率は夏期の植生繁茂時しか調査しなかったため、土砂量のデータは植生状況がほぼ対応する2009年7月~11月、2010年5月~8月の値を使用した。モデルの適合度と各説明変数の影響度はAIC(赤池の情報量基準)により評価した。解析には統

計パッケージ PASW statistics 18.0 (SPSS Japan Inc., 2009) を使用した。

結果

1) 各処理区の表土流出量

図-1 に各処理区における累積表土流出量を示した。2009 年は非積雪期通年の値であるが、2010 年は 8 月 26 日までの累積値となっている。それぞれの期間の総降水量は 712mm, および 631mm であった。表土流出量は処理区により有意差がみられ (Mann-Whitney U 検定), 両年とも集材路が最も多く、対照区ではほとんど表土流出がみられなかった。伐採翌年 (2009 年) の土砂流出量は、集材路で 867g/m, 対照区で 23 g/m, 間伐列で 172 g/m, 皆伐跡地で 457 g/m と、皆伐跡地では対照区の 20 倍程度の表土流出量があったが、その翌年には 3.5 倍と激減した。また、初年度の皆伐跡地の表土流出のほとんどは 7 月まで生じたものであった。集材路では 1 箇所だけ、2009 年に 2000g/m を超える量の土砂を捕捉した土砂受け箱があり、ここでは強雨時に轍由来の地表流流入が確認され、翌年も同様の傾向がみられた。また、皆伐跡地においても初年度は 2 箇所で弱い轍の影響が見られ、これらの処理区内では箱ごとの土砂捕捉量のばらつきが大きくなった。

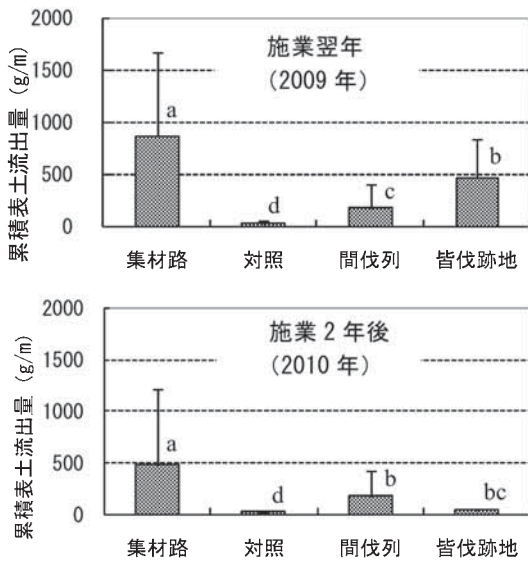


図-1 各処理区における表土流出量

Kruscal-Wallis 1-way ANOVA で処理間に差があると認められたため、各組み合わせについて Mann-Whitney U 検定を行った。エラーバーは標準偏差を、アルファベットの違いは統計的な有意差を示す。

2) 各処理区の林床被覆状況

図-2 に各処理区における 8 月の林床被覆状況を示す。皆伐跡地は伐採翌年の春時点では完全な裸地となっており、草本が回復し始めた 6 月でも地表の 50% あまりで土が露出していたが、8 月には 90% が植生に覆われた。侵入植生はイネ科牧草、シロツメクサ、ヒメジョオン、ユウゼンギク、オオヨモギ、イヌタデ、アキタブキなどで、2 年目には地表面はほとんど見えなくなった。トドマツ

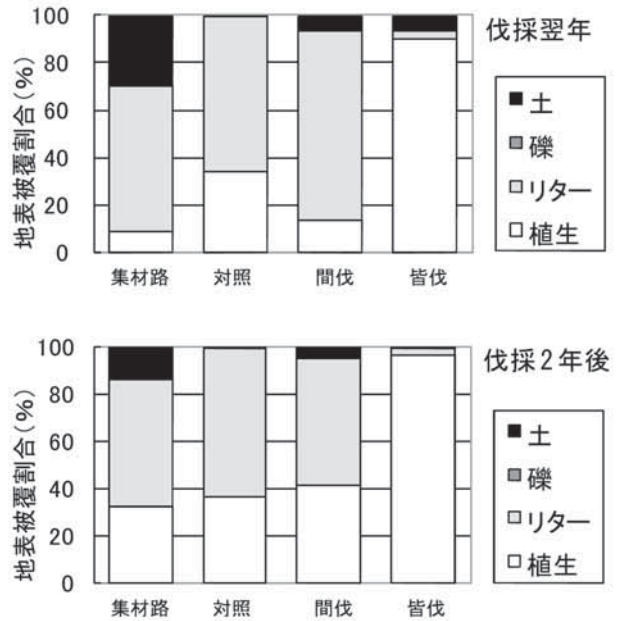


図-2 各処理区の林床被覆状況 (8 月)

林内では、伐採翌年には対照区の植生被覆が 3 4% と、集材路、間伐列の 2~3 倍の被度を示し、集材路では土の露出率が 29% と高かったが、2 年目には植生が増加して、集材路、間伐列とも対照区と同程度の被度になった。これにともない土の露出率も半減した。

3) 各処理区の表層土壌硬度

各処理区の土壌硬度指数 (mm) は、集材路 16.4, 対照区 8.8, 間伐列 9.8, 皆伐跡地 13.8 と、処理間で有意差がみられ、集材路が最も高い値を示した (図-3)。しかし、いずれの場所でも指数は 20 未満であり、比較的柔らかい表層土壌であった。

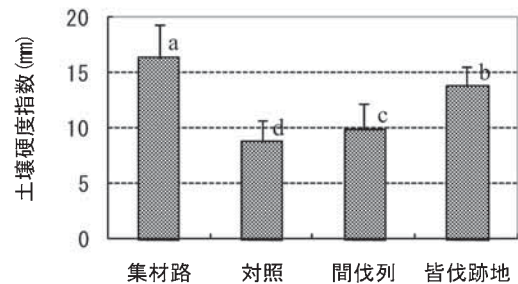


図-3 各植栽区の表層土壌硬度

Kruscal-Wallis 1-way ANOVA で処理間に差があると認められたため、各組み合わせについて Mann-Whitney U 検定を行った。エラーバーは標準偏差を、アルファベットの違いは統計的な有意差を示す。

4) 表土流出量と降水量、林床被覆の関係

GLM の結果、林床被覆率、土壌硬度、期間積算降水量の 3 変量全てを入れたモデルがベストモデルとして選択された (表-1 上)。また、ベストモデルからそれぞれの変数を除いたモデルの AIC 変化量 (ΔAIC) を求めたところ、林床被覆率を除いた場合が最も ΔAIC が大きくなり、次いで積算降水量となり、土壌硬度はあまり寄与していなかった (表-1 下)。表土流出量と期間積算降水

表-1 GLMによる表土流出量の説明変数選択とAIC変化量

best model			
説明変数	回帰係数	Wald χ^2	p値
林床被覆率	-0.013	159.9	<0.0001
期間積算降水量	0.018	130.7	<0.0001
土壌硬度	0.1	22.2	<0.0001
切片	8.816	80.7	<0.0001

	AIC	Δ AIC
best model	1064.5	
-林床被覆率	1263.7	199.2
-期間積算降水量	1172.2	108.2
-土壌硬度	1084.8	20.3

量, 林床被覆率の関係をそれぞれプロットしてみると(図-4, 5), 積算降水量が増えるほど表土流出量が多くなる傾向はうかがえるが, 対照区, 皆伐区では降水量100mmを超えてもほとんど表土流出はなく, 流出量が多い集材路でばらつきが大きかった。積算降水量が約50mmを超えると1回の表土流出が100g/mを越える箇所が増える傾向がある。なお, 今回の積算降水量は, 回収期間内の1~2回の強雨イベントの合計にほぼ等しく, このため, 日最大降水量では20mmを越えると表土流出が増加した。

林床被覆率と表土流出量の関係をみると, 林床被覆率が50%付近では1000g/mを越える流出量も観測されているのに対して, 60%以上になると300g/m以下と急減しており, 表土流出が起きやすい閾値の存在がうかがえた。

考察

林齢40年生前後のトドマツ林での伐採施業後, 集材路, 対照, 間伐列, 皆伐跡地の4処理区において表土流出量を比較したところ, 集材路が最も流出量が多かった。土壌硬度調査の結果からは, それほど地表は締め固められてはいないが, 近年顕著である短時間の豪雨の際には轍部分での地表流の発生が認められ, リターの流出とともに表土侵食を増加させたと考えられる。これまでも指摘されているように, 地表を保護する林床植生とリターによる被覆率が強く関与していることが分析の結果からも支持された。すなわち, 降水量が多くても対照区や間伐列のように被覆率が80%以上あれば, 多量の表土流出が起こることはまれで, 皆伐跡地においても, 伐採直後の裸地が植生に覆われれば, 1年で表土流出がおさまることが明らかになった。ただし, 今回の事例では斜面勾配が15°前後と緩いため, 一般的に地表侵食が心配される30°以上の斜面で同様の調査を行なう必要がある。また, 切り捨てられた間伐木の枝条はリターを含む土砂を捕捉するはたらきがあり, 施業終了後の作業道などでしばしば行なわれる枝条敷き詰めは, 地表被覆を速やかに回復する観点から, 表土流出防止に有効と思われた。

謝辞

本研究は農林水産省の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発「広葉樹林化のための更新予測および誘導技術の開発」の支援を得た。記して感謝する。

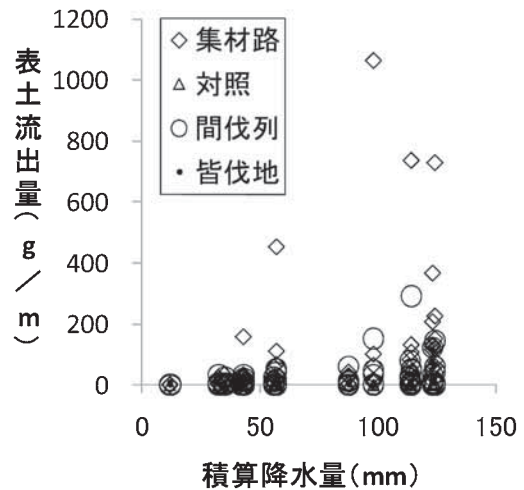


図-4 土砂回収期間毎の積算降水量と表土流出量の関係

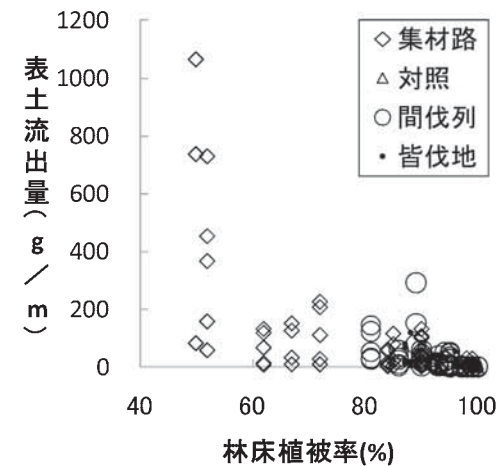


図-5 林床被覆率と表土流出量の関係

引用文献

- (1)荒木 誠・阿部和時 (2005) 間伐は森林の土壌を守るか?。森林科学 44: 26-31.
- (2)初 磊・石川芳治・白木克繁・若原妙子・内山佳美 (2010) 丹沢堂平地区のシカによる林床植生衰退地における林床合計被覆率と土壌浸食量の関係。日林誌 92: 261-268.
- (3)三浦 覚 (2000) 表層土壌における雨滴侵食保護の視点からみた林床被覆の定義とこれに基づく林床被覆率の実態評価。日林誌 82 (2): 132-140.
- (4)Miura S., Hirai K., and Yamada T. (2002) Transport rates of surface materials on steep forested slopes induced by raindrop splash erosion. J.For. Res.7:201-211.
- (5)Miura S., Yoshinaga S., and Yamada T. (2003) Protective effect of floor cover against soil erosion on steep slopes forested with Chamaecyparis obtusa(hinoki) and other species. J.For. Res.8:27-35.
- (6)恩田祐一編 (2008) 人工林荒廃と水・土砂流出の実態。岩波書店, 東京, 245pp.
- (7)塚本次郎 (1999) 移動土砂量の簡易測定法。(森林立地調査法編集委員会編) pp.195-196.森林立地調査法。博友社, 東京。