

## 速報

## 伐採により攪乱された人工林斜面の地表高と浸透能の変化\*1

浅野志穂\*2・萩野裕章\*2・壁谷直記\*2・清水 晃\*2・黒川 潮\*2

浅野志穂・萩野裕章・壁谷直記・清水 晃・黒川 潮：伐採により攪乱された人工林斜面の地表高と浸透能の変化 九州森林研究 67：77－80，2014 九州地域のスギやヒノキの人工林における森林の水土保全機能に対して伐採等の攪乱が及ぼす影響について検討するため、熊本県内の国有林斜面において、伐採前と伐採後のそれぞれで森林斜面における土砂移動に伴う地表高の変化や地表面の浸透能について測定し比較を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。斜面の一部を除いて伐採前の森林斜面に比べて伐採後の森林斜面では土砂移動による地表高の変化が大きく現れるようになった。また降雨に対する斜面の浸透能は伐採に伴って低下する場所も多く、水源涵養機能低下への影響や、より少ない降雨でも土砂移動に繋がる地表流が発生する可能性が高まるなどの変化が現れるようになった。

キーワード：森林伐採, 浸透能, 土砂移動

## I. はじめに

森林の複層林化を念頭に近年では帯状伐採などの小面積伐採が各地で行われている。小面積伐採では周囲に残存林が多くあるため、伐採による森林の公益的機能へ影響が比較的少なくなることが期待されている。このため小面積伐採が森林環境の変化に及ぼす影響を客観的に評価することが必要となっている。しかし森林の公益的機能は樹木や植生だけでなくその地域の気象、地理的条件が複合的に影響し合って複雑になっているため、地域ごとに調査を行いデータの蓄積を計ることが必要となる。それらの取り組みは進められているもののまだ十分とは言えない。このため公益的機能に関わる環境要因の伐採に伴う変化を定量的に把握することが求められている。

特に斜面や流域の土砂生産に関わる森林の水土保全機能における伐採の影響は、単に樹木の地上部が消失することだけではなく、伐採集材作業などに伴う林床の攪乱の影響も大きい。伐採の水土保全機能への影響については、これまでも多くの研究が行われている。例えば村井ら（1975）は東北地方を主な対象として森林や植生条件の違いと浸透能の関係を現地試験から検討しており、Ohnuki（2002）は沖縄で伐採後の侵食量の変化などを検討するなどがある。しかし浸透能や土砂移動の変化などは、伐採や作業道の設置等の地表攪乱だけでなく、地形や地質、降雨条件など伐採以外の要因も強く影響するため、十分な検討をするためには多くの事例データの蓄積が必要である。例えば阿部ら（2008）は植生や気候条件が異なる北海道東部を対象に森林の浸透能の特徴について検討を行っている。このように地域条件が異なるさまざまな場所で精度の高いデータを集めて研究を進めることが、伐採などの森林の取り扱いと水土保全機能との関係をより詳細に検討する上で必要と考えられる。

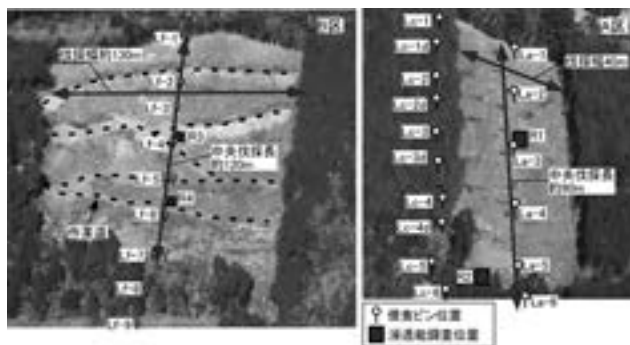
そこで本研究では、九州地域の例として火山性堆積物が分布し更に降雨量が多い特徴を持つ地域で、森林斜面における水土保全

機能に関わる要因、特にここでは土砂移動による地表高の変化や浸透能の変化について、森林伐採の前後の比較からその影響について検討を行った。

## II. 対象地と調査手法

本研究の調査地は、伐採・植え付けが実施された熊本県菊池市の木護国有林内の森林斜面とした。この地域は阿蘇火山からの火山砕屑物の堆積層が覆う地域にあり、表層土が比較的薄く破碎が進んだ岩石が多く分布する。試験地の斜面は菊池川支流の木護川の源流域にあたり、北東－南西方向に平行に伸びる尾根と河川の間となる南東向きの平行斜面である。全体的に斜面の勾配は上流側ほど急で下流側ほど緩やかである。

この斜面において平成24年11月から平成25年3月にかけて熊本森林管理署により伐採とその直後にスギの植え付けが実施された。このうち約360mの間隔を開けて隣接する伐採幅が異なる2伐採区を研究対象とした。2つの伐採区内、本論では上流側で伐採幅が狭い伐採区をA区、下流側で幅が広い伐採区をB区と呼ぶ（図－1）。伐採前の林相について、A区では斜面下部で



図－1. 調査地の状況

\*1 Asano, S., Hagino, H., Kabeya, N., Shimizu, A. and Kurokawa, U. : Variation of ground elevation and infiltration on the clear cut forest slope.

\*2 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Ctr. For. & Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862, Japan.

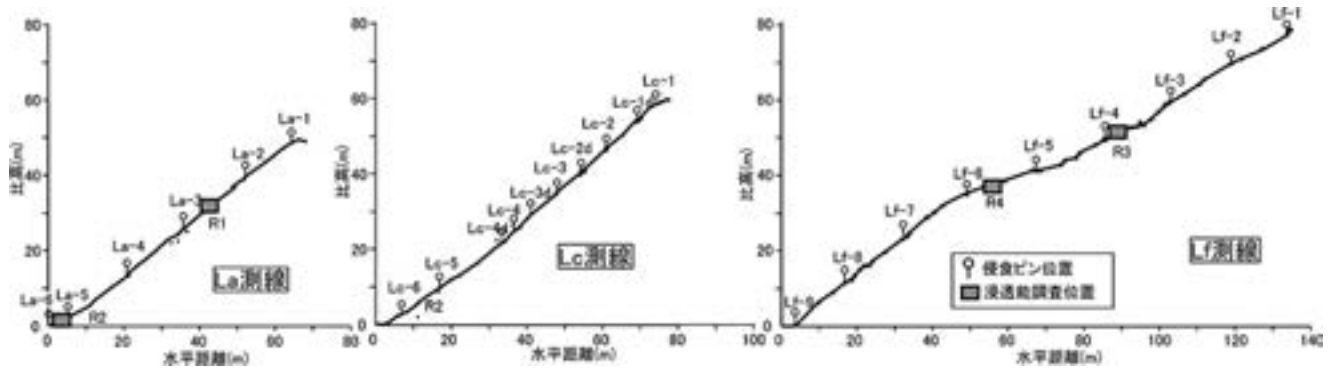


図-2. 測線縦断面と測定箇所

スギ、上部でヒノキが優勢であり、B区では右岸側でスギ、左岸側でヒノキが優勢であり、それぞれ広葉樹の侵入が見られた。A区では伐採範囲の中央長が約90m、幅が40m、面積が約0.36haとなる帯状伐採が行われた。B区では伐採区域中央の斜面長が約120m、幅が130m、面積が約1.63haとなる幅広の伐採が行われた。

それぞれの伐採区の標高はA区中央付近で約700m、B区中央付近で約670mである。伐採時にはB区では伐採区域内に作業道を設けて、A区では伐採区直下の林道から、ともにワイヤで地曳きによる全木集材が行われた。対象斜面内の土砂移動の違いを調べるため、伐採前および伐採後に同地点で地表高の変化を測定した。具体的には長さ50cmのピンポールを鉛直に設置し、地表の高さを繰り返し測定した。A区とB区のそれぞれ伐採区中央と残存林内に測線を設定し、それぞれピンポールは斜面方向に10~20m間隔に設置した。(図-1, 2)ピンポールの斜面上側と下側で浸食や堆積の違いにより段差が形成されることもあったが、その場合は周辺の斜面の状況を確認して中間値を採用することにした。ピンポールによる土砂移動の測定は浸食量そのものを測定するものではないが、機器設置が測定場所に及ぼす影響が少ないため、その付近の侵食か堆積かの傾向を正確に把握できる利点がある(大貫1998)。

また土砂移動には地表流の発生も影響することや水源涵養機能の変化についても検討が必要と考えられるため、浸透能についても測定した。浸透能については多地点で繰り返し測定ができる竹下(2011)による円筒枠式浸透能試験により測定した。試験は地表から5cmの深さまで内径10cmの円筒を差し込み、円筒中に4.5cmの高さまで水を注入した後、すべての水が染み込むまでの時間を計測する方法で、試験は2回行い2回目の測定結果から円筒枠浸透能を算出した。試験は水面を作って水圧を加えて浸透させるため過大な結果を得ることになる。このため竹下(2011)に従い次式を用いて、円筒枠浸透能( $I_v$ )から傾斜地の基本浸透能( $I_{bo}(a)$ )を求めた。なお $a$ は斜面勾配である。

$$I_{bo}(a) = (1 - \sin(a)) * (0.2 * I_v)$$

本式は $I_v$ が10mm/min以上の場合に適用できるとしているが、ここではいずれも浸透速度が比較的速かったためすべての測定ケースに適用した。基本浸透能は土壌の孔隙構造を反映した指標とされている。調査箇所は図-1, 2に示す箇所(R1~R4)で伐採前に測定を行い、伐採後にほぼ同じ場所で再度測定し比較した。測定は1箇所当たり3~5回場所をずらして行い平均を求め

た。また伐採後に浸透能を測定した場所で、山中式土壤硬度計を用いて地表面の土壤硬度を計測した。土壤硬度は浸透能試験1回につきその周囲5~10回測定しその平均を求めた。

### III. 結果及び考察

伐採区及び残存林内の地表高の高さの変化について検討した。伐採前と伐採後のそれぞれ測定回毎の各斜面位置での変化量を示した。(図-3)これによると調査斜面では、伐採前の時点からある程度地表高は変化していた。斜面の縦断勾配を見ると、A区は斜面勾配が一樣でその平均が38度であるのに対して、B区では斜面下部で38度、中腹部で19度、上部で31度となっており、中腹部で緩勾配となっていた(図-2)。またLc-4~Lc-5やLf-7~Lf-9など斜面下部の急斜面部では特に巨礫を含む転石も多く見られた。このような場所では伐採前も伐採後も地表高の変動幅が大きかったが、これは急勾配や転石の露出などの影響で森林斜面でも土砂が不安定な状態となっていたためと考えられた。B区中腹のLf-4~6では緩勾配であり、このような場所では伐採前も伐採後も地表高の変化は小さかった。それ以外のLa-2~La-4やLf-2~Lf-3などの斜面上部の急勾配部分では、伐採前では地表高の変化が小さかったが、伐採後には地表高の変化が大きくなった。これは伐採に伴う地表の攪乱によって特に侵食傾向が増加するようになり地表の土砂移動が活発に進むようになったためと考えられた。A区とB区を比較すると、地表高の変化の幅に大きな差は見られなかった。これは作業道の設置の有無以外は、伐採や集材方法に大きな違いが無く、全体としての地表攪乱の程度に大きな違いは無かったためと考えられた。

次に伐採前後で地表高が大きく変化したLa-2とLa-3を例として、地表高の変化量と降雨の関係について検討した。図-3に示した測定期間毎の地表高の変化量とそれに対応する期間の累積雨量の関係を図-4に示した。測定回数に限られているためばらつきが大きいものの、La-2, La-3ともに期間累積雨量が500mm以下程度の雨が少ない期間ではわずかに堆積による上昇傾向にあるが、累積雨量が大きくなる期間にはいずれも侵食による低下傾向が見られるようになった。伐採前後で比較すると、伐採前には1,000mmを超える大きな期間雨量の地表高の変化量よりも、伐採後の約800mmの期間降雨の地表高の変化量の方が大きくなるなど、伐採前に比べて伐採後には、より小さい降雨に対しても侵

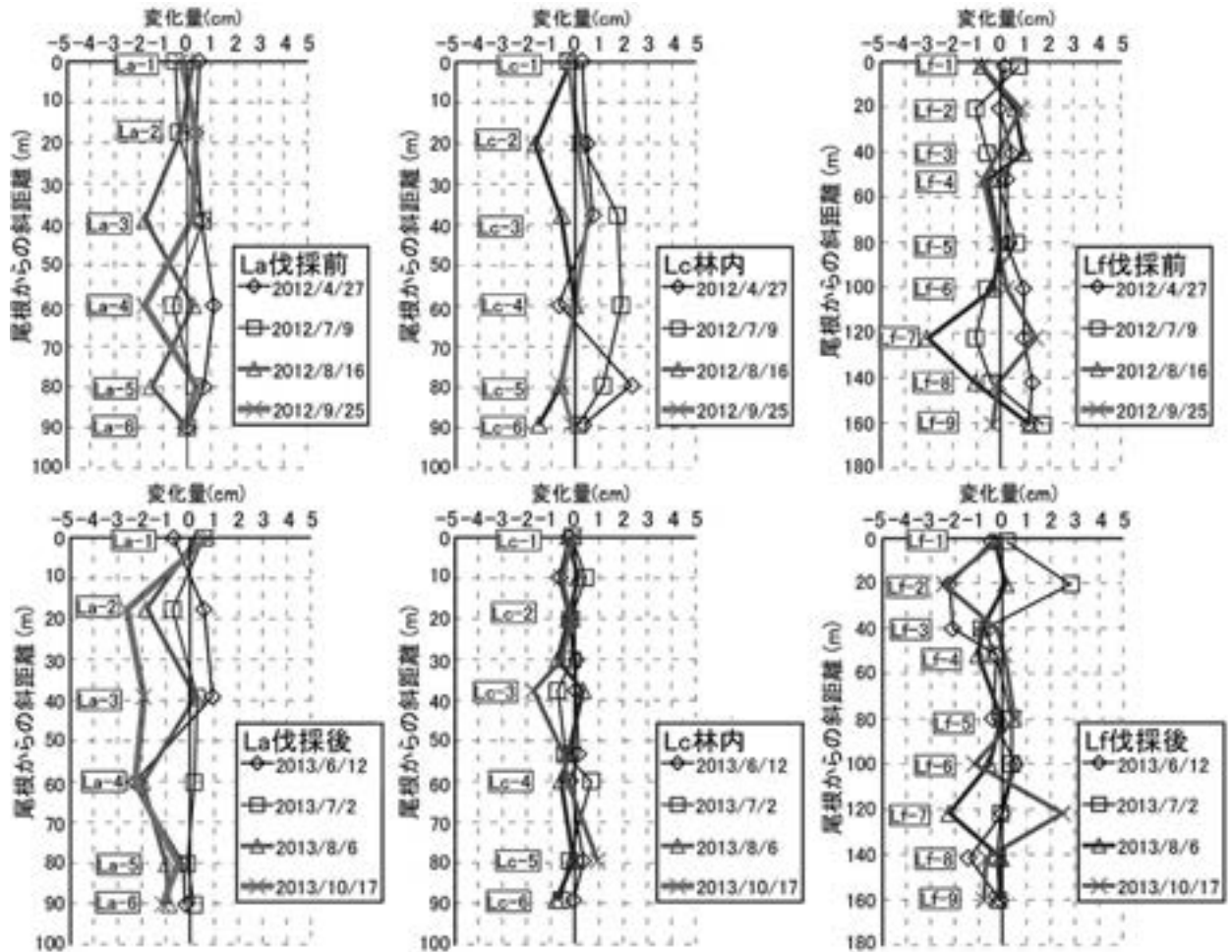


図-3. 地表高の変化

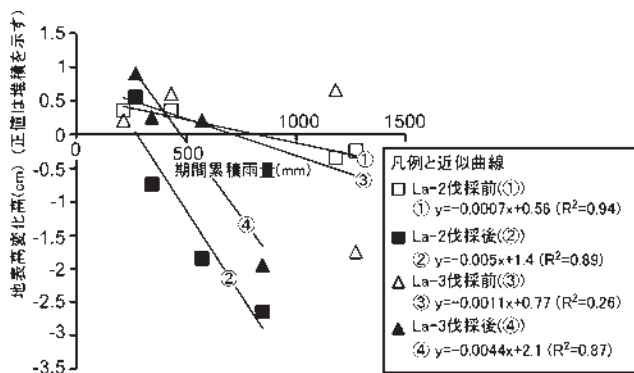


図-4. 伐採前後の期間累積雨量と地表高の変化の関係

食などにより、地表高が大きく変化し易くなったものと考えられた。

地表の土砂移動の一つの要因となる地表流発生の可能性や水源涵養機能の変化について検討するために地表の浸透能について調べた(図-5)。浸透能は測定地点の植生や地表の落葉層、根系の発達、表層土の状態や厚さなど様々な要因を受けるため、同じ場所でもばらつきが大きい、全体として見ると、伐採前の森林斜面の浸透能についてはいずれの箇所も中央値で50mm/hr以上となり、通常の大雨程度であれば十分浸透できることが分かった。

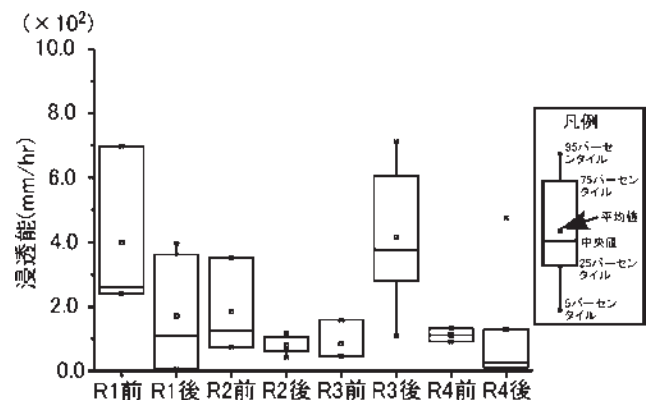


図-5. 浸透能の変化

(横軸の「前」は2012年、「後」は2013年を表す)

一方、伐採後の斜面ではR3を除いた箇所の多くで伐採前に比べて浸透能が低下する傾向があることが分かった。特にR4の浸透能が最も小さくなった箇所は掘削して造成した作業路上であり、R1の小さい箇所は作業により踏み固められた箇所などであった。これらは伐採作業により新たに森林内に現れた場所とも言える。このような場所では、例えばR4の作業路上では2mm/hr程度にまで浸透能が低下する等のように、伐採後に極端に浸透能が低下

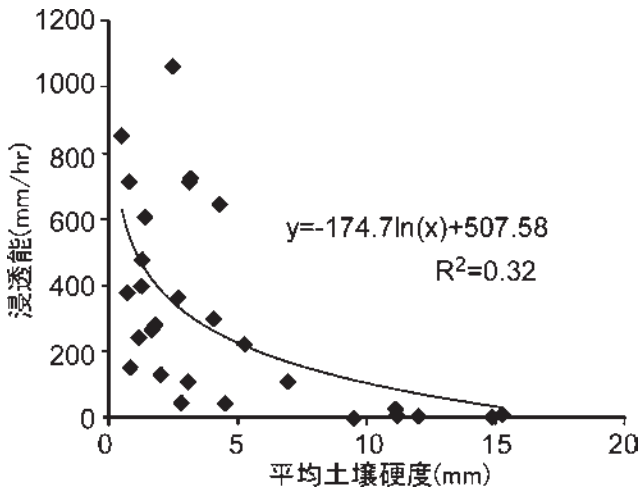


図-6. 平均土壌硬度と浸透能の関係

することもあり得ることが分かった。伐採後に浸透能が上昇したR3については他の測定点と異なり、作業道の直下にあたり作業道造成時に発生した土砂が元の斜面の表面上にルーズに積み上がった場所であった。このような場所では土粒子間の間隙が大きく浸透能が高くなったと考えられる。

次に作業により浸透能が低下した理由を考えるために、伐採後に各地点で計測した浸透能と同時に測定した平均土壌硬度の関係について調べた(図-6)。これによるとばらつきは大きいものの、土壌硬度が高く、地表の土が締まっているほど浸透能が低下する傾向が見られた。試験後に土壌断面の観察を行ったところ、土壌硬度が高い箇所では、表層の落葉や落枝を含む腐植層が剝離されて薄くなっている例や表層の土壌層の粗孔隙が消失している例などが多く見られ、これらは樹木の伐倒作業や地曳き集材等による攪乱の影響と考えられた。このことから樹木の伐採作業に伴う森林斜面の表層の攪乱は、表層の粗孔隙や土壌構造の変化に影響し、場所によっては浸透能の低下に影響を与えたと考えられた。一方で森林斜面の土砂移動について林床被覆が大きな制御要因となることも考えられており(三浦 2010)、実際に伐採前にあった落枝や落葉等の林床被覆が伐採後には激減していた。これらのことから

伐採に伴う地表攪乱による林床被覆の激減や部分的な表層の浸透能の低下などが影響をして、降雨時の地表付近の土砂移動が活発化し、これまで移動があまりなかった上部の急斜面部分でも土砂移動が起きるようになったものと考えられる。

#### IV. おわりに

本研究は、九州地域に多い火山性堆積物が分布し更に降雨量が多く土壌があまり厚くない地域で、伐採の影響を受けた森林斜面の水土保全機能の変化を調べるために、同一箇所では伐採前と伐採後の森林斜面の地表高の変化と地表面の浸透能の測定を行い比較した。その結果以下のことが明らかとなった。

1. 斜面の一部を除いて伐採前の森林斜面に比べて伐採後の森林斜面では土砂移動による地表高の変化が大きく現れるようになった。
2. 降雨に対する斜面の浸透能は伐採に伴って低下する場所も多く、水源涵養機能低下への影響や、より少ない降雨でも土砂移動に繋がる地表流が発生する可能性が高まるなどの変化が現れるようになった。

#### 謝辞

本研究は森林総合研究所交付金プロジェクトの一部として実施した。また現地調査および伐採方法の検討に当たっては九州森林管理局および熊本森林管理署にご協力いただいた。関係各位に対して記して謝意を表します。

#### 引用文献

- 阿部友幸・佐藤弘和(2008)日林誌 90(2):84-90.  
 三浦覚(2010)水利科学 316:78-100.  
 村井宏・岩崎勇作(1975)林試研報 274:235-84.  
 大貫靖浩ほか(1998)森林立地 40(2):67-74.  
 Ohnuki, Y., (2002) J.J.For.Environment 40(1):1-10.  
 竹下敬司(2011)水利科学 317:51-83.

(2013年11月13日受付;2014年3月11日受理)