

航空レーザ計測を用いた 山腹工の整備効果（木津川砂防）

西條 俊和¹・中島 一也²

¹ 木津川上流河川事務所 工務課（〒518-0723 三重県名張市木屋町 812-1）

² 紀ノ川ダム統合管理事務所 猿谷ダム管理支所（〒637-0408 奈良県五條市大塔町辻堂）

今回の発表は、木津川上流域の^{とくしゃち}禿禿地を対象に施工されてきた砂防山腹工について、高密度航空レーザ計測を用いて解析を行い、施工地の植生回復状況を把握した事例を報告する。今回の調査手法は、現地での調査に比べ作業効率が大きく向上することから、全国的に展開している砂防山腹工の整備効果を把握するための一助になるものである。

キーワード：新手法 整備効果 植生回復

1. はじめに

本研究で対象とした木津川上流域は、一級河川淀川水系木津川の上流域として、三重県と奈良県にまたがった約700km²の地域である（図-1）。

この地域は、かつて^{しんたんざい}薪炭材や神社仏閣の用材の乱伐が繰り返され、広範囲に禿禿地が分布する荒廃山地であり、豪雨時には多量の土砂生産・流出、河床上昇が生じて土砂災害や洪水氾濫が頻発していた。



図-1 対象流域の位置

このため、明治初期の淀川洪水氾濫災害を契機とし、明治11年より木津川上流域で直轄砂防事業が開始され、山腹工を主体とした砂防工事が実施されてきた。

山腹工とは、表土が流出して植物が成長し難い斜面を、成長し易い斜面に改良し（積苗工）、植栽樹木を混植（ヒメヤシバシとクロマツ）することにより樹木が回復し、安定した山腹を復元させる工法である（写真-1、図-2）。明治から昭和30年代までに施工された山腹工の面積は、延べ2,500haを超えて



写真-1 禿禿地に対する山腹工の施工状況
（昭和25年）

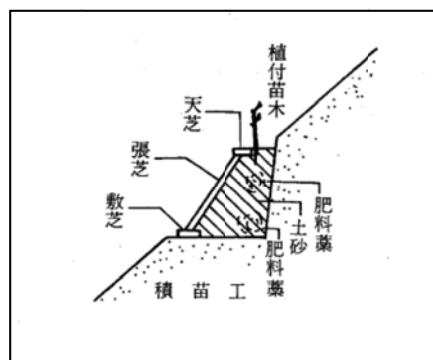


図-2 山腹工標準施工断面図

いる。

現在ではこの山腹工の効果により、大規模な禿禿地は大幅に減少していることを空中写真判読調査等により確認しているが、山腹工の施工箇所における

植生の具体的な回復状況について、定量的に調査されたことはなかった。

本研究では、航空レーザ計測による解析という新しい手法を用いて、植生の量・質の回復状況を把握し、山腹工による土砂発生抑制効果についてとりまとめを行ったものである。

2. 航空レーザ計測による調査と指標値設定

対象流域内の代表的な山腹工施工地において、航空レーザ計測を実施した（図-3）。

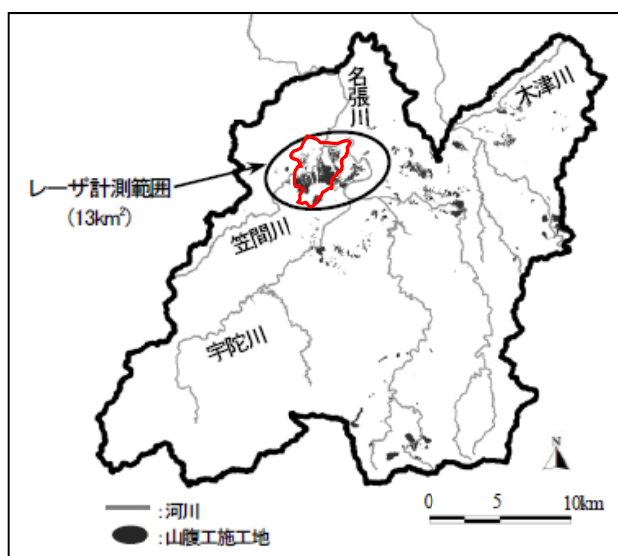


図-3 対象流域と航空レーザ計測範囲

航空レーザ計測は、樹林状況を詳細に把握するため、高密度照射（照射密度：1m×1m あたり8点以上）で実施した（図-4）。

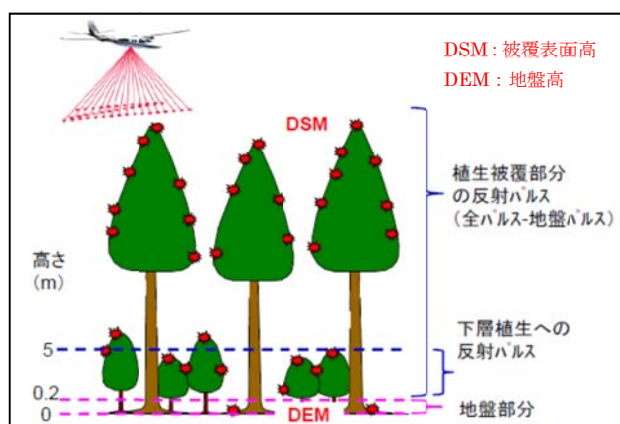


図-4 航空レーザ計測の概念図

航空レーザ計測データを用いた解析では、施工地の植生回復状況の指標として、「植生被覆率」「樹高」「下層植生の発達状況」を5mメッシュ単位で定量的に把握した。それぞれの指標値のデータ設定は、以下のとおり。

「植生被覆率」：全照射パルスのうち地盤に到達しなかったパルスの比率（%）

「樹高」：DSMデータとDEMデータの差分（m）
DSM(Digital Surface Model)
DEM(Digital Elevation Model)

「下層植生の発達状況」：地盤から0.2～5mの高さに分布する反射パルスの取得率（%）

また、樹林の階層構造について、中間層の反射パルスから把握した。

取得したパルスをグラフ上にプロットし、スギと広葉樹林の内部構造を可視化した一例を図-5に示す。

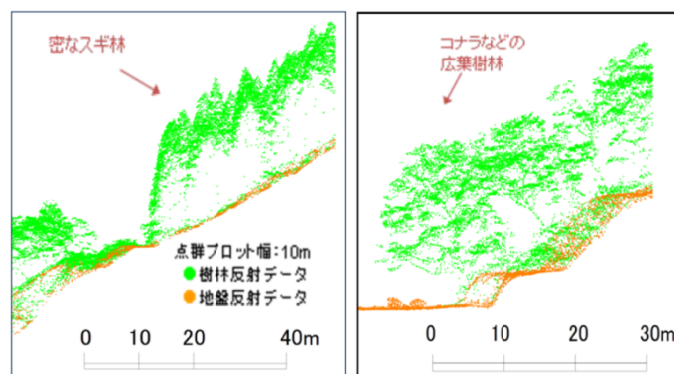


図-5 取得パルスのプロット図の一例

3. 調査結果

航空レーザ計測をもとに、山腹工施工地に回復する植生の「植生被覆率」「樹高」「下層植生発達状況」について解析した結果を以下に示す。

調査範囲を着色した図（図-6, 8, 10）は、5mメッシュ単位で各指標データの数値を色分けし、調査範囲全体の傾向を把握したもの、メッシュ数-指標値グラフ（図-7, 9, 11）は、各指標値における構成割合を示したものである。

また、航空レーザ計測データの精度を確認するため、代表的な箇所について現地調査を実施した。

(1) 植生被覆率

図-6 は、植生被覆率が80%以上を示したメッシュを緑色に着色したもの。人家、河川、ゴルフ場等は、植生被覆率が低いことがわかる。

図-7 は、メッシュ数と植生被覆率の関係をグラフで示したものである。

山腹工施工地では、その一部にゴルフ場等の開発地もあるが、施工地全体における構成割合としては、植生被覆率が80%以上を示しており、安定した樹冠をもつ樹林が生育していると思われる。

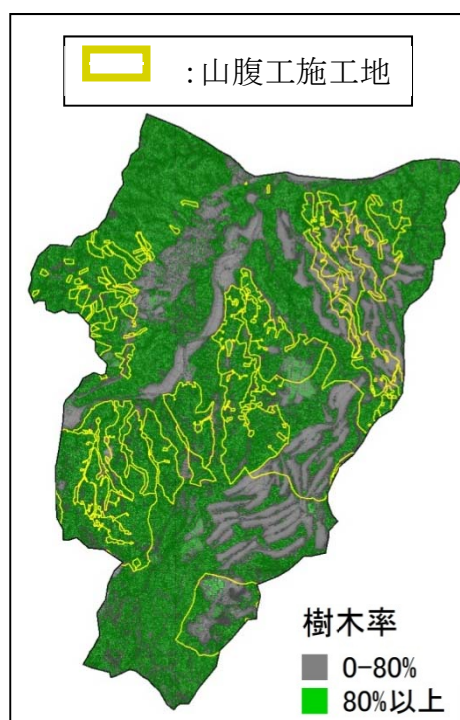


図-6 植生被覆率 区分図

(2) 樹高

図-8 は、15m以上の樹高を示したメッシュを緑色に着色したもの。

図-9 は、メッシュ数と樹高の関係をグラフ化している。

山腹工施工地では、15m以上の樹林が最も広範囲に分布している。樹高15m以上に達する高木は、施工地の65%程度を占めている。

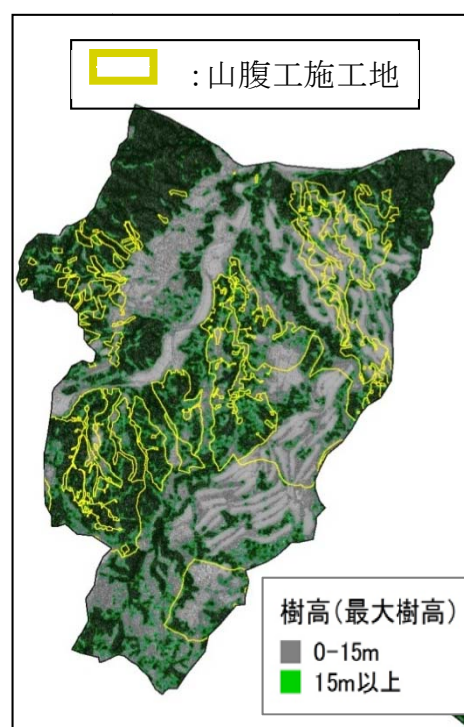


図-8 樹高 区分図

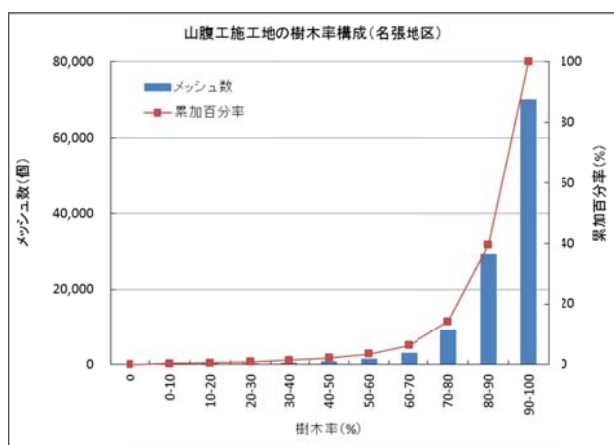


図-7 メッシュ数-植生被覆率 グラフ

(山腹工施工地の全メッシュ数: 116,243)

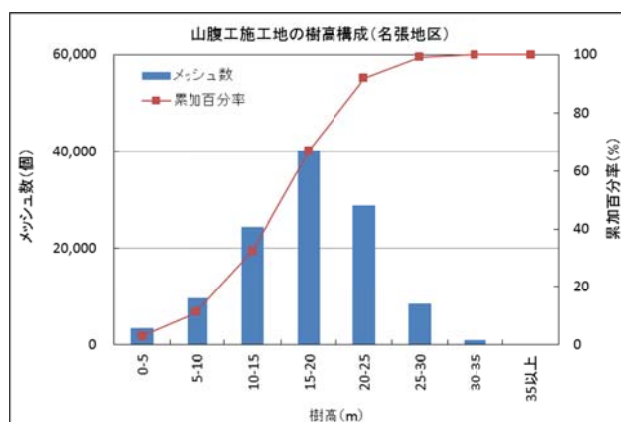


図-9 メッシュ数-樹高 グラフ

(3) 下層植生発達状況

図-10 は、下層植生からの反射パルスを取得したメッシュを緑色に着色したもの。

図-11 は、メッシュ数と下層植生の関係をグラフ化したものである。

山腹工施工地における下層植生の発達状況は、9割以上のメッシュで下層パルスが取得されていることから、樹林内に下草や低木が生育していることがうかがえる。

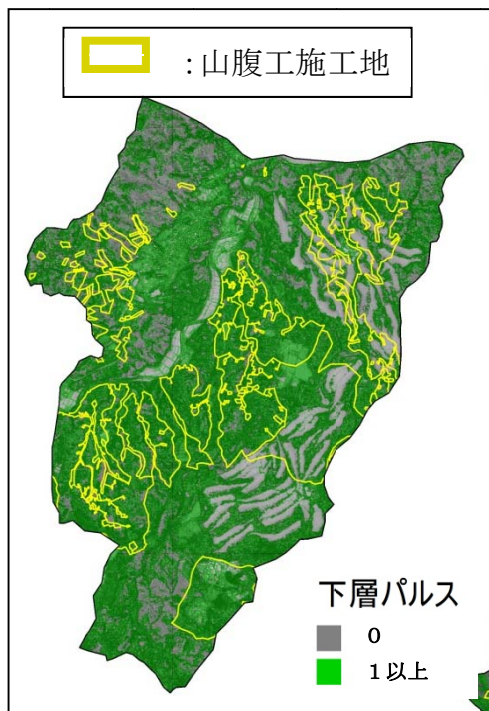


図-10 下層植生 区分図

(4) 現地調査によるデータの精度検証

航空レーザ計測により取得したデータの精度を確認する為、現地調査を実施した。

代表地点の取得パルス断面と現地でのスケッチを照査した結果 (図-12)、計測データは樹林状況を良好に再現している事を確認した。

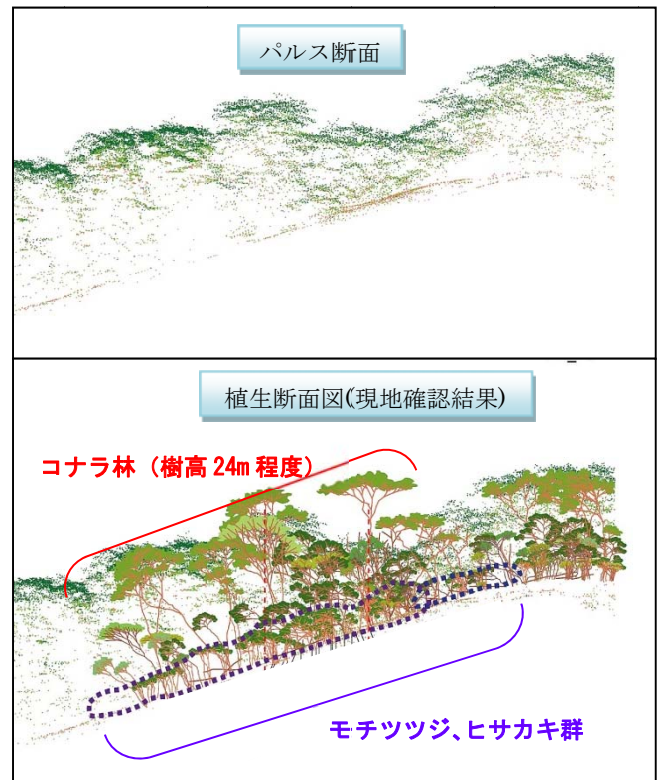


図-12 現地調査による照査

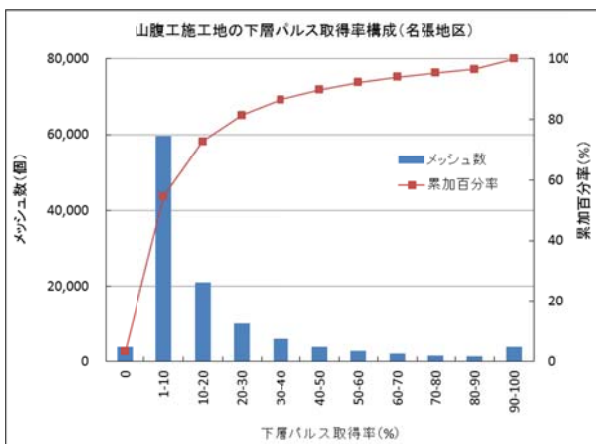


図-11 メッシュ数-下層植生 グラフ

4. 山腹工施工後の経過年数と植生回復状況

既存資料より施工時期を特定することができた山腹工施工地を対象として、施工後の経過年数と樹木率及び樹高との関係を取りまとめた（図-13）。

図中には、昭和20年代当時に禿禿地の履歴がある未施工地の結果も併記した。

施工後62年の山腹工施工地では、植生被覆率は85%以上を示し、樹高は10m以上の樹林が形成されている。

施工後80年以上経過すると、さらに植生回復が進み植生被覆率は90%以上、樹高は20m前後に達している。

また、施工後80年以上の施工地では、未施工地と比べると、植生被覆率が10%程度高く、樹高は10m以上高いことが確認された。

山腹工施工地では、経過年数とともに植生が順調に回復し、未施工地に比べ回復速度が速いと思われる。

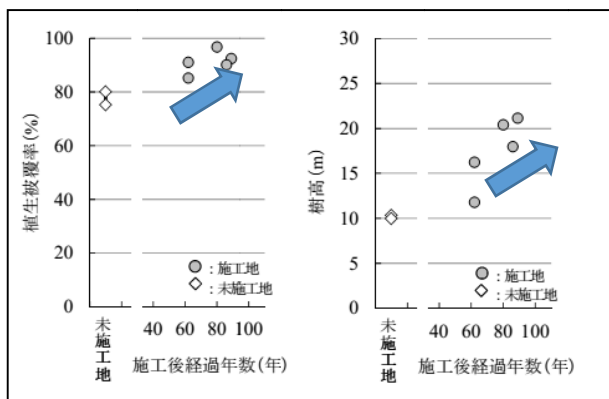


図-13 施工後の経過年数と樹林の成長

5. 樹林の階層構造

計測データにより得られた反射パルスデータをもとに、山腹工施工地に生育した樹林の階層構造を把握した結果を示す（図-14）。未施工地の状況も併記した。

施工後62年、80年の施工地では、高木層・亜高木層・低木層といった樹木が発達し、階層構造を形成していることがわかる。

62年では樹高20m程度で均一に樹冠閉鎖している状況が認められる。

80年では、樹冠にバラつきが生じ、植生遷移がみられる。

それに対し未施工地では、植生が回復してはいるものの、樹高が10m程度であり、施工地に比べ高木の成長が遅いことがわかる。

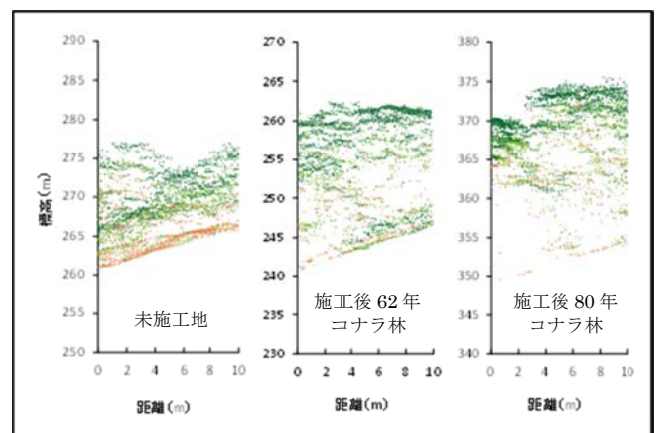


図-14 樹林の階層構造

6. 植生回復状況の評価

山腹工施工地では、その効果により植生が回復し、既往研究（安田ら 2009）で示された値（有害土砂流出のない樹林の植生被覆率 60%）以上の樹林が生育していることを確認した。

また、低木や下層植生も回復し、施工後に再荒廃することなく、現在では高木が生育するような緑のある山腹へと順調に植生回復していることがわかった。

さらに、その階層構造においてもコナラ高木を主体として発達しており、樹冠のバラツキから、順調に植生遷移が進行し、多様な樹種構成に移行している様子が確認できた。

これらのことから、施工後の経過年数とともに、土砂生産抑制効果の高い植生へと移行していると思われる。

7. 考察

木津川上流域では、山腹工工事によって、かつて禿禿地であった範囲に植生が回復し、施工後 60 年～80 年が経過した施工地では樹冠や樹高、健全で安定した階層構造が発達していることから、禿禿地からの土砂生産が相当程度抑制されていると推察される。

今回実施した高密度航空レーザ計測は、植生の回復状況を確認するうえで、十分なデータを取得し、詳細な解析に耐え得るものであるといえる。

しかしながら、樹冠が繁茂している樹林では、中間から下層パルスが取得しきれていないところも見受けられ、場所によっては現地調査を補足的に実施し、より詳細なデータを整理することが重要と思われる。

今後は、高密度計測による解析結果と、従来の航空測量データとの相関性を利用し、管内全体における広域的な植生状況や土砂生産抑制状況について、把握するための作業を進めていく等の大きな可能性がある。

謝辞：本論文は、関係する方々のご協力のもとに執筆出来たものであり、資料をご提供頂いたアジア航測（株）の関係者の方々に対し謝意を表します。

付録：^{とくしやち}禿禿地とは禿げ山のこと。乱伐などにより斜面が風化し、降雨時には表土が流出する。

参考文献

- 1) 木津川砂防百年のあゆみ
- 2) 木津川水系砂防整備効果調査業務 平成 27 年 3 月
- 3) 木津川水系砂防整備効果調査業務 平成 26 年 3 月