

瀬田川水系における山腹工の効果に関する検討

関根 隆好¹・大山 誠²

¹近畿地方整備局 河川部 河川計画課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

²近畿地方整備局 河川部 河川計画課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

瀬田川砂防管内における山腹工は、1878年（明治11年）より直轄工事にて実施され、130年以上経過した現在では、施工地の大部分で植生が回復している。しかし、その効果については、まとまった評価はなされていない。本検討では、施工された山腹工について、禿禿地の分布変化、植生回復状況や根系発達状況等を整理し、山腹工の効果について検討を行ったものである。

キーワード 瀬田川水系、田上地区、山腹工、土砂生産、植生回復、土壌回復、根系発達

1. 検討方法

瀬田川砂防管内を対象として、田上地区を中心に実施された既往調査成果などの整理をするとともに、植生・土壌・根系調査等について山腹工施工後20～50年経過した箇所にて現地調査を実施した。また、2009年度（平成21年度）に計測された航空レーザ計測データ（LPデータ）を用いて樹林解析を行った。

以上の情報を基に、瀬田川砂防管内全体の山腹工施工による禿禿地の分布変化、植生回復状況や根系発達状況等を整理し、山腹工の効果を取りまとめた。

2. 山腹工の施工状況

(1) 山腹工の施工目的

瀬田川砂防管内では、禿禿地や荒廃地に植生を導入し、侵食の拡大を防止して、土砂の生産・流出を抑制しようとする目的で、山腹工が施工されてきた。田上地区では、寺院建立の建築材としての乱伐や薪炭材としての伐採等

によって、特に禿禿地が顕著に分布していたため、山腹工が広域に施工された。山腹工の施工は、1878年（明治11年）より内務省の直轄工事によって開始され、130年以上経過した現在では、施工地の大部分で植生が回復し、土砂の生産や流出が低減している。

(2) 施工範囲

瀬田川砂防管内における山腹工の施工範囲及び田上地区の位置は図1のとおりである。

(3) 施工方法

瀬田川砂防管内における山腹工の標準的な施工法を図2に示す。

田上地区では、風化花崗岩地特有の土壌が貧弱な条件下で、植栽木であるクロマツの生育を促進することを目的として、保育工が施工された。

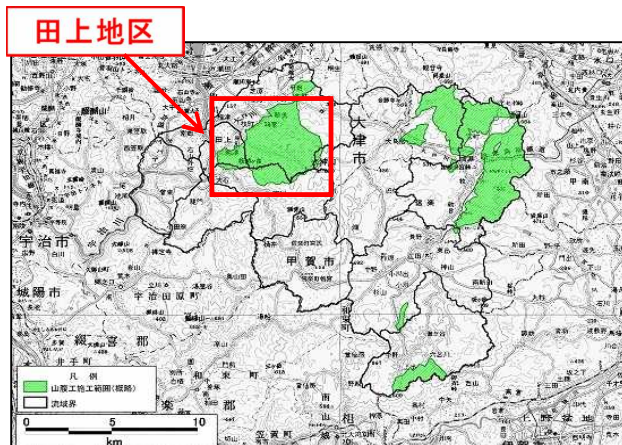


図1 山腹工の施工範囲及び田上山地の位置

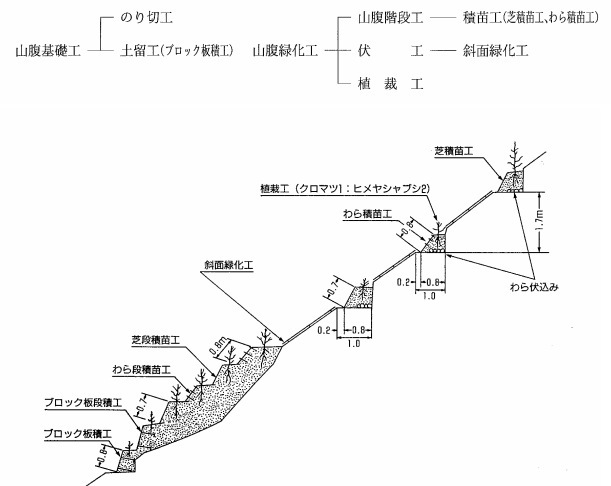


図2 山腹工の標準施工断面図

a) 保育A工

植栽後の植栽木間の被圧除去と植栽木であるクロマツの生育を促すことを目的に、山腹工施工後4, 7, 10年目に間伐および施肥を行った。1950年（昭和25年）以降の施工地は、全てこの工法で保育管理が行われた（図3）。

b) 保育B工

施工後10年以上経過した砂防植栽木（クロマツ）が風化花崗岩地帯特有の土壌条件の悪さに耐えきれず徐々に衰退していく現象への対策として植生の生育基盤の改良を目的に、床堀、施肥を行った（図4）。

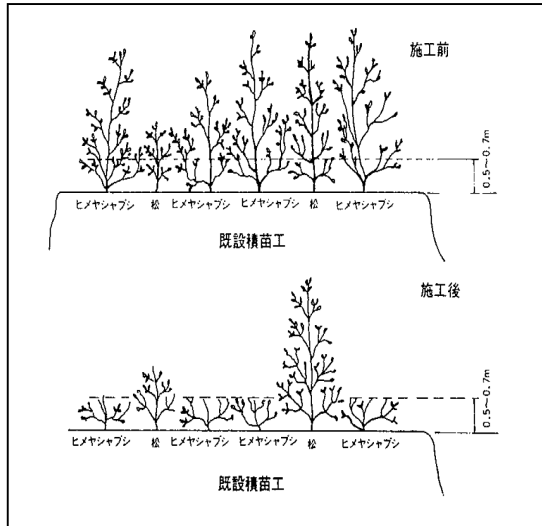


図3 保育A工標準断面図

3. 禿禿地の分布変化

現時点の管内における禿禿地の分布状況を把握することを目的として、2009年度（平成21年度）レーザデータ計測時に撮影されたオルソフォト画像を用いて、禿禿地の分布状況を判読し、GISデータとして整理した。禿禿地の判別は、「山地斜面が植被を失い、植生土壌が侵食を受けて裸地化したところ」を禿禿地として抽出した。図5、図6に禿禿地の判読結果を示す。

山腹工の施工により禿禿地の植生が回復し、山腹工施工地における禿禿地面積は、1947年（昭和22年）に比べて98%減少していることが分かった。

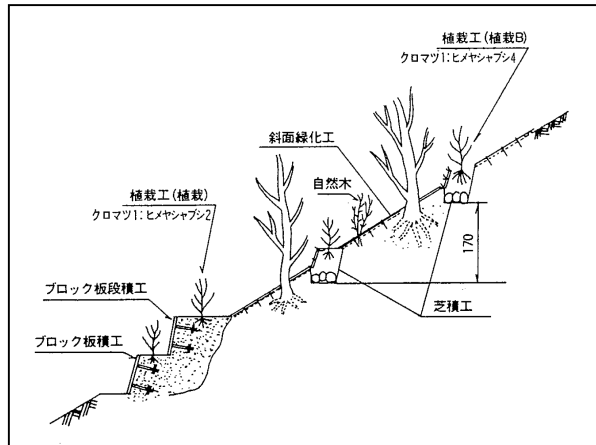


図4 保育B工標準断面図

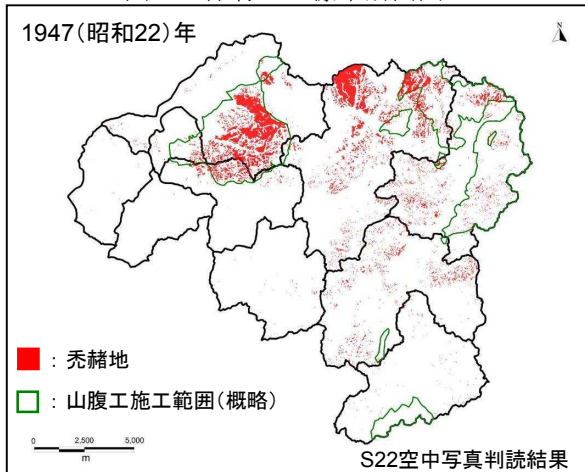


図5 禿禿地分布（1947年）

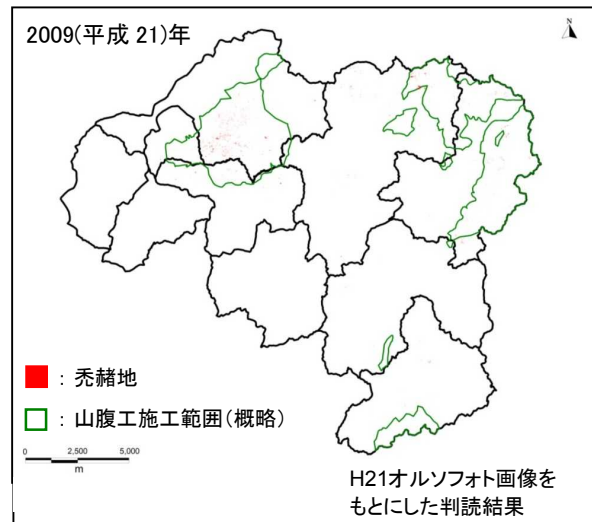


図6 禿禿地分布（2009年）

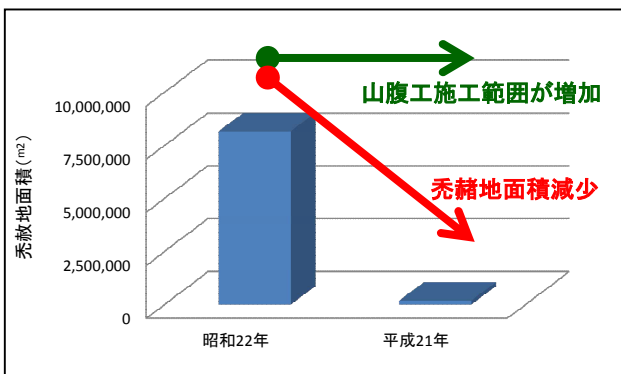


図7 禿禿地面積の推移

4. 山腹工施工と土砂生産（表面侵食抑制効果）

瀬田川砂防管内の田上地区では、裸地・山腹植栽地・森林地それぞれの試験区で、長期間にわたって土砂生産量の観測が行われてきた。

図8は、田上地区内の各試験地での土砂生産量観測結果をもとに、山腹工施工後の経過年数と土砂生産量との関係を整理したものである（鈴木・福寛（1989）の研究成果¹⁾を参考に、施工後の経過年数に対応した樹林状態を加筆）。

山腹工施工以前の裸地からの土砂生産量は、1,000～10,000 $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$ である。これに対し、山腹工施工地では、施工直後の土砂生産量は100 $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$ 以下と、裸地に比べて1～2オーダーにまで低減しており、裸地斜面を階段状に整形し、斜面の安定を図るために

行われた山腹基礎工の効果が発揮されていることがわかる。

さらに、山腹工施工地の土砂生産量は年々減少する傾向にあり、樹冠閉鎖した森林が形成された施工後20年以降は、土砂生産量は1 $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{year}$ 程度となり、30年後にはほとんど土砂生産を生じていない。このことから、山腹緑化工によって山腹工の表面侵食抑制効果が向上していることがわかる。

以上の結果より、斜面の安定化や侵食防止を図る「山腹基礎工」及び植生の被覆を図る「山腹緑化工」によって、高い表面侵食抑制効果が発揮されると評価される。

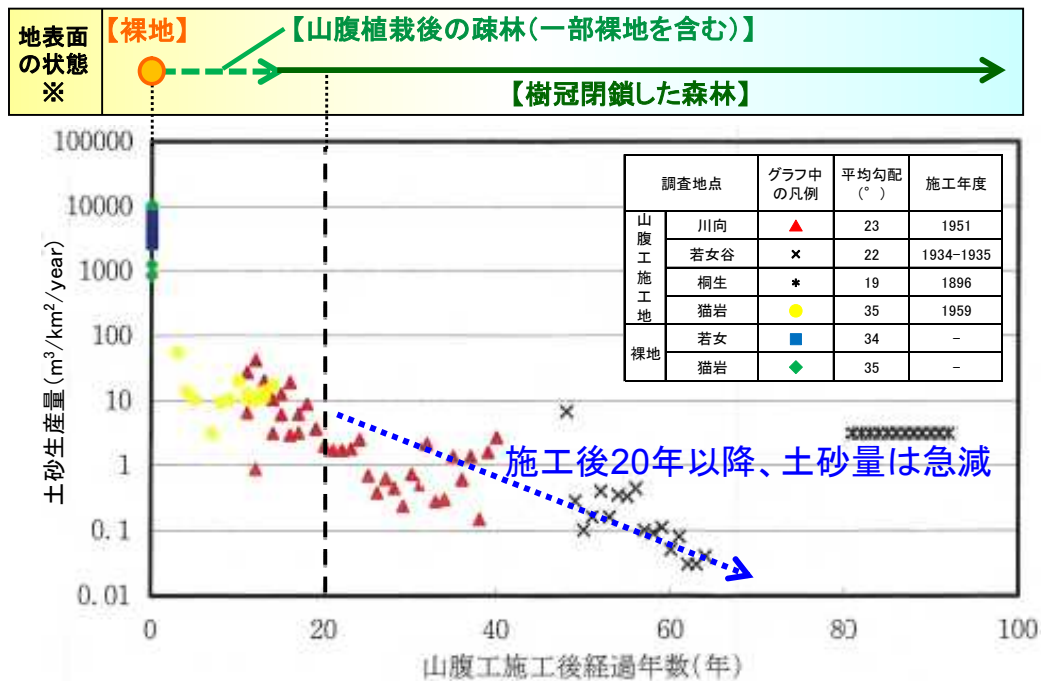


図8 山腹工経過年数と土砂生産量の関係

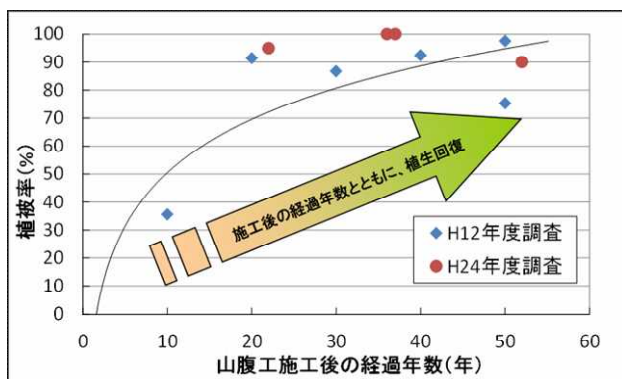


図9 山腹工経過年数と被覆率の関係

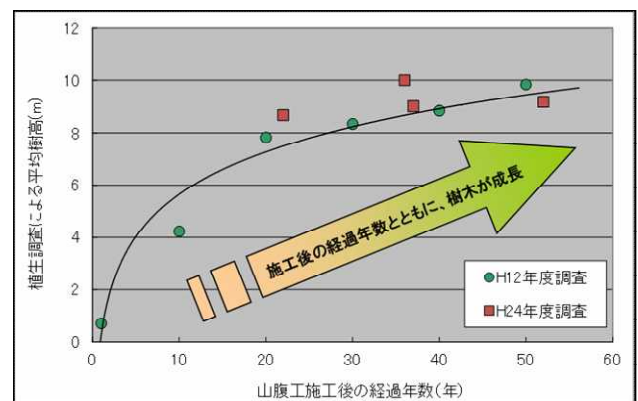


図10 山腹工経過年数と平均樹高の関係

5. 植生回復状況

(1) 植生回復

瀬田川砂防表面侵食抑制に対して降雨遮断等の効果を発揮する「樹冠」に着目し、現地調査結果をもとに、山腹工施工地の樹冠形成状況を整理した。

田上地区に位置する山腹工施工地の4地点で実施した植生調査結果をもとに、山腹工施工後の経過年数と植被率（植生の樹冠による地表面の被覆割合）との関係を取りまとめたものを図9に示す。

また、山腹工施工後の経過年数と山腹工施工地の平均樹高との関係を取りまとめたものを図10に示す。

山腹工施工後20年以上経過すると植被率は概ね80%以上、平均樹高8~10mの安定した樹林へと成長するなど、山腹工施工地では、施工後の経過年数とともに平均樹高が増加し、その増加傾向が継続しており、樹木の生長が良好に進んでいることがわかる。

(2) 植生遷移

植生遷移状況を見ると、山腹施工後22年経過した箇所では、アカマツ主体の樹林となっているが、施工後35年以上経過した箇所では、アカマツの生育本数が減少しており、亜高木~低木層に、アカマツの後継樹と

なる高木性の落葉・常緑の広葉樹が見られるようになる。施工後50年以上経過した箇所では、高木層・亜高木層にはコナラやリョウブが優先し、低木層にはネジキ・モチツツジなど落葉性の低木が多く生育している（図11）。

以上より、施工後30年以上経過すると、亜高木~低木層に、後継樹となる高木性の落葉・常緑の広葉樹が見られるようになり、今後、時間の経過とともに、徐々にアカマツ主体の樹林から、コナラなどの落葉広葉樹林や気候の極相である常緑広葉樹林（カシなど）へと良好な遷移が進行するものと考えられる。

(3) 地被状態

表面侵食抑制に対して土壌表面の保護等の効果を発揮する「地被（落葉・落枝などの林床堆積物）」に着目し、現地調査結果をもとに、山腹工施工地の地被状態を整理した。

田上地区に位置する山腹工施工地内の4地点で実施した地被調査結果をもとに、山腹工施工後の経過年数と地被量との関係を整理したものを図12に示す。図中には、自然林と裸地で実施した地被量の調査結果も併記した。また、各調査地点の50cm四方の調査プロットから採取した地被の状況を写真1に示す。

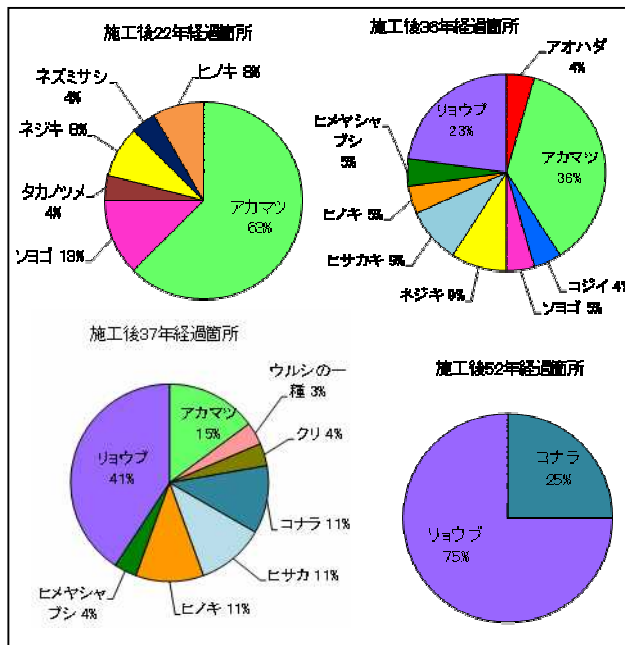


図11 山腹工経過年数と樹種の関係

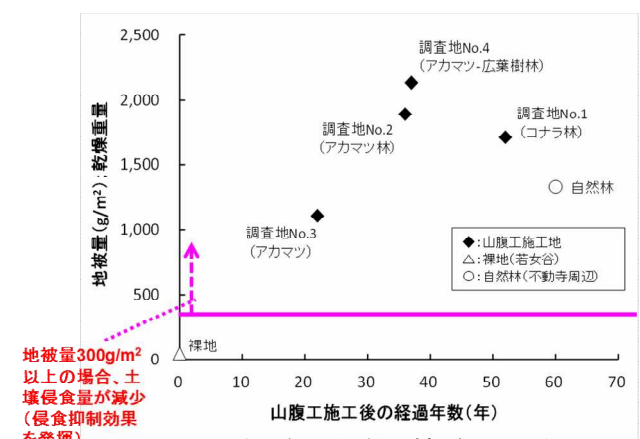


図12 山腹工経過年数と被覆量の関係

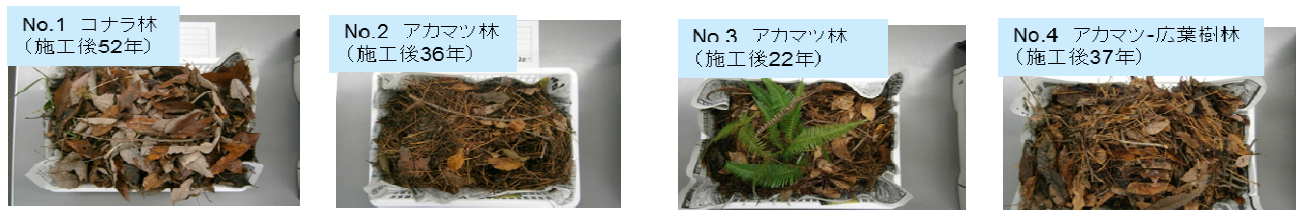


写真1 各植生ごとの被覆状況

一般に、地被量が300g/m²以上の場合、土壌侵食量が減少し、表面侵食抑制効果が期待できることが知られている²⁾。

図12より、山腹施工地では、施工後の経過年数とともに、地被量が増加傾向を示し、施工後20年以上経過した樹林では、地被量は300g/m²を上回っており、表面侵食抑制に十分な地被量が供給されていることがわかる。

6. 土壌回復状況

田上地区内に位置する山腹工施工地内の4地点の土壌調査結果をもとに、山腹工施工後の経過年数と土壌層位の関係を整理したものを表1に示す。

山腹工施工後の経過年数とともに、崩壊抑制に寄与する樹木根系の発達に必要な土壌：A層・B層（図13、写真2参照）が形成されつつあることがわかる。山腹工施工後20年以上経過する

と、A層が形成されるようになり、施工後40～50年経過すると、A層・B層が発達し、崩壊抑制に寄与する高木性の根系の生育に必要な土壌環境へと変化が進んでいる。

7. 根系発達状況

(1) 根系の伸長

表層土に対してどの程度根系が発達しているかを把握するため、根系調査を行い、表層土深と根系発達深との関係を整理した。

その結果、山腹工施工後20年以上経過すると、山腹工施工により生育した樹木の根系は、瀬田川砂防管内の平均崩壊深70cm以上に達することが確認された（図14）。

また、表層土が70cm以下の表層土が薄い場所でも、表層土の深度までは、根系が伸長し、B層以下の風化礫の亀裂への細根の伸長も確認できた（図15）。

表1 山腹工経過年数と土壌層位の関係

	調査地		土壌の層位区分
	調査地	土壌の層位区分	土壌の層位区分
【H12年度調査結果】	1年経過	斜面上部	C-R
		下部	C-R
	10年経過	斜面上部	C-C2-R
		下部	C-C2-R
	20年経過	斜面上部	A-AC-R
		上部	AC-R
		下部	AC-R
	30年経過	斜面上部	AC-C-C2-R
		下部	AC-C-C2-R
	40年経過	斜面上部	A-B-C1-C2
		下部	A-BC-2C-2C2-2C3
【H24年度調査結果】	50年経過	斜面上部	A-B-2C-R
		下部	A-AB-B-BC-C
	22年(No.3)	斜面上部	A-B-BC-C-R
	36年(No.2)	斜面上部	A-B-C-R
	37年(No.4)	斜面上部	A-B-C
	52年(No.1)	斜面上部	B-BC-R

土壌層位 A₀層: 落葉などの堆積有機物層

A層: 堆積有機物層の直下にある腐植に富む暗色の層

B層: A層の下位にある腐植に乏しく明るい色調の層

C層: 岩盤が風化してきた層

R層: 岩盤

※各層に付記された添字: 土壌の性質等により、層位を細分した場合の区分

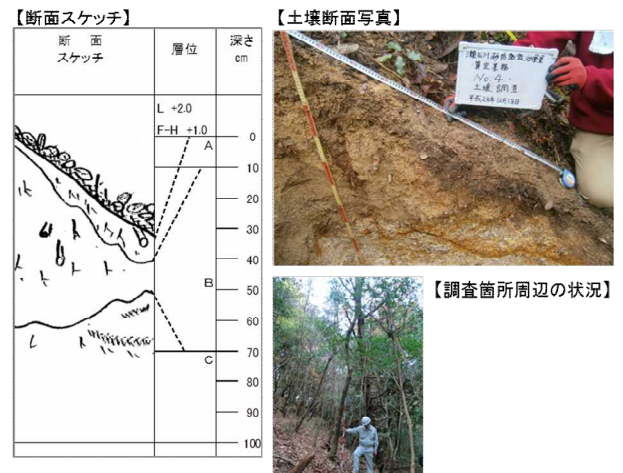


図13、写真2 土壌回復状況

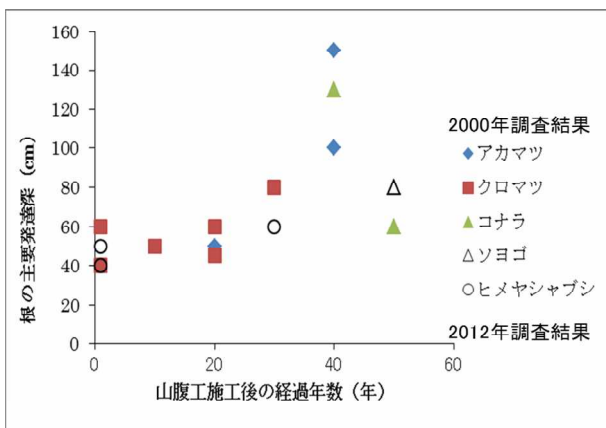


図14 山腹工経過年数と根の発達深の関係

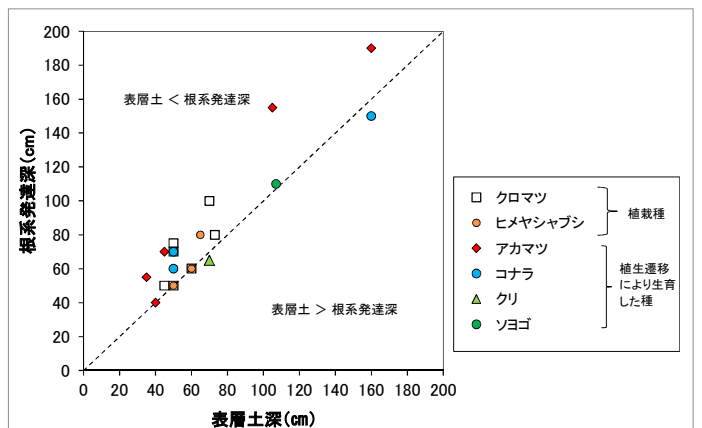


図15 表層土厚と根の発達深の関係

(2) 根系発達状況

a) 表層土70cm以上

図16は1960年に施工された山腹工施工地内に生育したコナラの根系発達状況であり、調査時点で施工後40年経過している。山腹工施工地内の表層土が70cm以上の範囲では、植生遷移により成長した樹木の根系が良好に発達していることが確認された。

瀬田川砂防管内の平均崩壊深70cmよりも鉛直根が深く伸長し、水平根も良好に発達していることから、根系による表層土の崩壊抑制に寄与していることが考えられる。

b) 表層土70cm未満

山腹工施工地内の表層土が70cm未満の範囲でも、基岩より上層の表土に根系が多く伸長していることが確認された。特に、B層以下の風化礫の亀裂に細根が板状に伸長しているのが特徴的であった(図17、写真3)。

以上より、表層土70cm未満の薄い場所でも表層土の深度まで根系が伸長し、B層以下の風化礫への細根の伸長も確認できたことから、根系

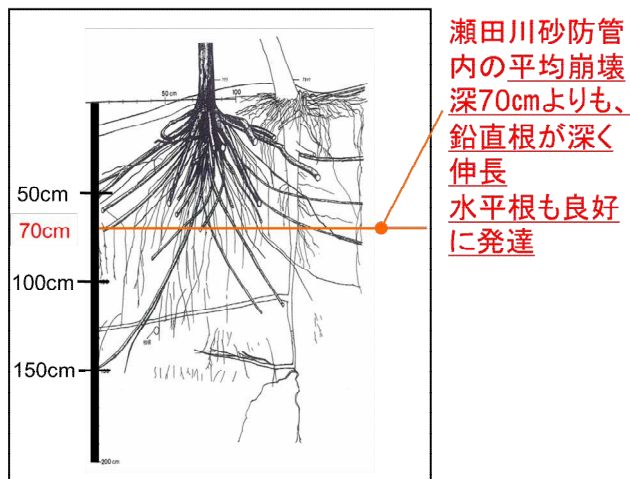


図 16 表層土 70cm 以上における根系発達状況

による表層土の崩壊抑制に寄与していることがk考えられる。

8. まとめ(山腹工の効果)

山腹工の効果について表2にまとめる。

9. おわりに

本検討において、瀬田川砂防管内の山腹工について多角的な視点から効果の分析を行い、その結果十分に効果が発揮されていると評価した。本検討が他事業における山腹工の評価検討の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 鈴木雅一、福嶋義宏：水利科学、190、P89-100、1989
- 2) 恩田裕一編、：人工林荒廃と水・土砂流出の実態、岩波書店

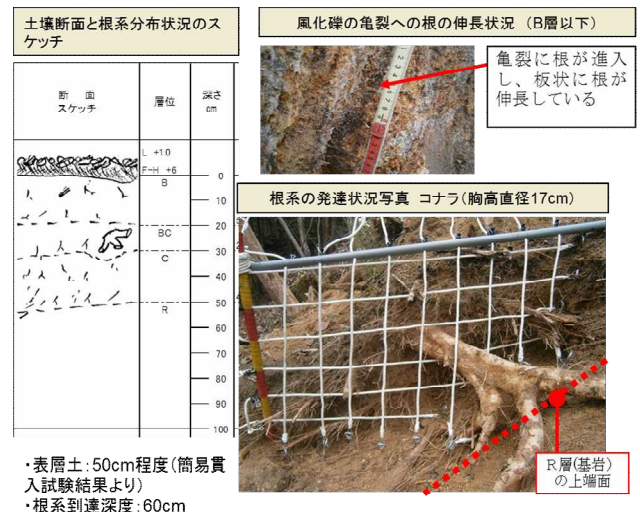


図 17、写真 3 表層土 70cm 以下における根系発達状況

表 2 山腹工の効果におけるまとめ

- 山腹工施工地では、施工後20年以上経過すると植生が回復し、植被率の向上、地被の回復等により、裸地状態の土砂生産量の1/1,000~1/100,000となることから、山腹工は表面侵食を抑制する効果を有する。
- 山腹工施工後は、樹木が成長し、植生はクロマツ林からアカマツ林、さらにはコナラなどの落葉広葉樹林へと遷移が進行しており、施工後の時間の経過とともに、山腹工の効果も徐々に向上している。
- 山腹工施工後は、経過年数とともに樹林の階層構造が発達しており、山腹工の効果も徐々に向上している。
- 山腹工施工地では、植生遷移により生育した樹木の根系が発達し、施工後20年以上経過すると鉛直根は70cm以上に伸長し、表層崩壊防止に寄与する効果を発揮する。
- 山腹工施工地では、表層土が70cm未満と薄い場合でも、基岩面まで根系(特に水平根)が発達しており、表層土より深い風化礫の亀裂へ、細根が板状に伸長していることも確認できることから、表層土の崩壊抑制に寄与する効果を発揮している。
- 山腹工施工により生育した樹林では、表層土が形成されている深度までは、樹木の垂直根・水平根ともに良好に発達していることが確認されたことから、根系(垂直根・水平根)による崩壊抑制に寄与する効果を発揮している。