

報告書概要

①技術研究開発テーマ名	地域社会が水系砂防効果をより良く理解するための水系土砂動態履歴の解明と支川域からの土砂流出規模・頻度評価，双方向コミュニケーション型科学的説明手法の提案
②研究代表者	
氏名	所属・役職
山田 孝	三重大学大学院生物資源学研究科・教授
③共同研究者	
氏名	所属・役職
木村 正信	岐阜大学応用生物学部・教授
田中 隆文	名古屋大学大学院生命農学研究科・教授
④背景・課題	
<p>本研究は、これからの土砂害減災のための協働の時代に向け、庄内川(土岐川)水系において、昭和12年から現在に至るまで営々と実施されてきた直轄砂防事業の効果とこれからの課題を地域社会がより良く理解し、公助・共助・自助の連携システムを構築することが重要な課題の一つである。そのためには、行政と地域が議論しあい協働して解決策を見出していく双方向コミュニケーションが不可欠となる。その方法として、双方向コミュニケーション型科学的説明手法をはじめに構築する必要があると考えられる。</p>	
⑤技術研究開発の目的	
<p>庄内川流域の妻木川流域をモデル流域として、行政担当者や地域住民との議論や個別の調査・研究の成果(庄内川流域支川の妻木川流域の数値地形情報データ作成，明治期から現在に至るまでの土地被覆状況の変化，砂防堰堤の堆砂実態と土砂流出特性，山腹斜面の土壌発達と浸透能，双方向型コミュニケーションの着眼点解析)などから、「地域との双方向コミュニケーション型科学的説明シナリオ(案)」(以下，シナリオ案)を提案することを目標とする。</p>	
⑥技術研究開発の内容・成果	
<p>土岐川支川の妻木川流域をモデル流域として、行政担当者(国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所，岐阜県，土岐市)や地域住民リーダー(自治会や地域歴史文化の活動団体(たとえば，妻木城址の会，鶴里町誌編纂委員会，妻木町公民館など))との議論，後述する個別の筆者らの調査・研究成果(妻木川流域の数値地形情報データ作成，明治期から現在に至るまでの土地被覆状況の変化，砂防堰堤の堆砂実態と土砂流出特性，山腹斜面の土壌発達と浸透能)などから，妻木川流域を対象としたシナリオ案を作成した。</p> <p>図-1 にシナリオ案の構成と説明の流れを示す。シナリオ案の構成は以下の I 章～VII 章の構成であり，分量は A4 版 図表写真込みで 30 ページである。シナリオ案の説明時間は，双方向の議論や模型実験演習込みで約 1 時間 30 分程度である。</p>	

I. 地域のトピック:妻木川流域上郷地区浦山谷川での登録有形文化財「浦山第二砂防堰堤」の存在

- 地元の歴史文化活動団体「妻木城址の会」によって明らかにされつつある史実- 石工職人の高度な石積み技術の伝承-
- 浦山第二砂防堰堤施工のための石積み技術との関連性

II. 浦山砂防第二堰堤が施工された背景とは？

- 明治～現在までの洪水・土砂災害の歴史
- 山の状態と洪水との関係
 - ・豪雨時の森林土壌の孔隙サイズを踏まえた保水能力の限界
 - ・豪雨時の水の流出→侵食→土砂流出→河床上昇
- 洪水被害軽減のための土砂流出抑制の必要性

III. なぜ妻木川流域には禿山が多かったのか？

- 明治～現在までの土地利用変化(旧版地図と航空写真)
- 禿山形成・拡大の要因
 - ・地域の伝統産業(主に窯業)などによる過度な森林伐採、森林の地被物の掻き出しなど

IV. なぜ、今は禿山が無く「緑の山」なのか？

- 砂防、治山事業
- 山腹工事と渓流工事の実際
- 工事を実施した箇所でのその後の変化(比較写真)

V. 砂防施設の効果とは？

- 砂防堰堤の捕捉している土砂量
- 山腹工事をしなかったと仮定した場合の侵食土砂量

VI. 「緑の山」に修復された妻木川流域のこれからの問題は？

- ①妻木川「流域」とは？ 妻木川「流域住民」という意識を持つことが大切
⇒ 妻木川の流域界を地形図から判読し、三次元鳥瞰図も活用して、流域の中での自分の家の位置を確認するための演習
- ②山の外見は緑、しかしながら森林土壌は薄くて貧弱、そのすぐ下は侵食されやすい風化花崗岩(土岐礫層)
⇒ 禿山の時代から約40～100年程度経過した後の山腹斜面の森林土壌層の実態(薄い土壌層とその下位層である風化花崗岩層)、保水能力、浸透能試験結果
- ③緑の山の時代にどのくらい土砂が流れているのか？
⇒ 支川最上流域の未満砂防堰堤での堆砂量変化から求めた年平均流出土砂量、豪雨イベント、大規模土地改変などによるその変化
- ④山の中にはたくさんの砂防堰堤が施工されたが、多くは土砂でいっぱいの状態
⇒ 山腹工のみが施工された箇所などでの侵食の顕在化、72基の調査した砂防堰堤のうち、50基は満砂状態、模型教材を用いた砂防堰堤の土砂捕捉効果、調節効果の理解とそれらの限界についての演習
- ⑤緑の山でも人知れず土砂が生産され、災害のリスクが増えている!
- ⑥堰堤の効果を近未来も効果的に発揮させていくためには？
⇒ 砂防堰堤の土砂捕捉量を高めるためアイデア(堰堤の高さ増大、新たな堰堤の建設、透過型堰堤への改良、除石工)、流路工断面の閉塞軽減のための樹木管理などについての双方向的な議論
- ⑦地域の住民が山に入るきっかけを積極的に作り、あわせて山の状況や堰堤の堆砂状況などをチェックしていくためには？
⇒ 地域の自然や歴史、文化を知る活動の一環として、地域住民による山の状況や砂防堰堤の堆砂状況等の監視の必要性

図-1 シナリオ案の構成と説明の流れ

「地域との双方向コミュニケーション型科学的説明シナリオ(案)」のシナリオ構成(I～VII)
I. 地域のトピック：妻木川流域上郷地区浦山谷川での登録有形文化財「浦山第二砂防堰堤」の存在

II. 浦山砂防第二堰堤が施工された背景とは？

III. なぜ妻木川流域には禿山が多かったのか？

IV. なぜ、今は禿山が無く「緑の山」なのか？

V. 砂防施設の効果とは？

VI. 「緑の山」に修復された妻木川流域のこれからの問題は？

- ・妻木川「流域」とは？ 妻木川「流域住民」という意識を持つことが大切
- ・山の外見は緑、しかしながら森林土壌は薄くて貧弱、そのすぐ下は侵食されやすい風化花崗岩(土岐礫層)
- ・緑の山の時代にどのくらい土砂が流れているのか？山の中にはたくさんの砂防堰堤が施工されたが、多くは土砂でいっぱいの状態
- ・緑の山でも人知れず土砂が生産され、災害のリスクが増えている
- ・堰堤の効果を近未来も効果的に発揮させていくためには？
- ・地域の住民が山に入るきっかけを積極的に作り、あわせて山の状況や堰堤の堆砂状況などをチェックしていくためには？

VII. まとめ

引用・参考文献

謝辞

本資料では、スペース的にシナリオ案のすべてを示すことができないので、その「まとめ」の箇所のみ、下記に列挙する。

【まとめ】

○妻木川上郷地区の浦山谷川には、平成 18 年に国の登録有形文化財に指定された見事な石積みの砂防堰堤(浦山第二砂防堰堤)があります。この石積みの堰堤は、1943 年(昭和 18 年)に施工されたものです。なぜ、約 70 年前にこのような構造物が施工されたのか、その社会的・自然的な背景を是非認識いただきたいと思います。

○妻木川流域や土岐川本川では、明治期以前・以降も洪水による被害が多発していました。洪水の要因のひとつに、山から流れる土砂が河道内に堆積することによる川底の上昇が挙げられます。妻木川流域は、昔は禿山が多かったので、山の斜面に森林土壌がほとんどなく、雨水がすぐに沢や支川に集中してたくさんの土砂が流れ、それによって洪水が頻発したことが考えられます。洪水以外にも、土石流の氾濫や斜面の崩壊などの土砂災害も多発しました。このような災害をもたらす山からの大量の土砂流出を抑制するための手段の一つとして、浦山第二砂防堰堤のような構造物が当時施工されたのです。

○妻木川流域には、1970 年代までは禿山が非常に多く存在しました。近世末期からこの地域で盛んだった窯業や生活燃料確保のための過剰な森林伐採と陶土の採掘、堆肥確保のための森林の地被物や土壌の掻きだしなどが禿山形成の大きな要因として挙げられます。

○妻木川流域には、いまや禿山はほとんど存在しません。かつての茶色の山は「緑豊かな山」に変貌しました。なぜそうできたのか、色々な要因が関わっています。大きな要因の一つは、治山・砂防事業によって、山の斜面を土木工事によって安定させ、苗木を植栽する山腹工と支川や沢での不安定な土砂の流出を抑制する堰堤を建設したことです。

○妻木川流域で建設されてきた 102 基の砂防施設について、現地を確認できた 72 基の砂防堰堤の捕捉した土砂の量は 102,000m³にも及ぶことがわかりました。山腹工事によって流出が抑制されている土砂の量は現時点では未解明ですが、工事の施工面積は妻木川流域の約 3 割にも及ぶことから、相当な量にのぼると考えられます。このことから、治山や砂防事業がいかに妻木川流域の安全に貢献してきたかを伺い知ることができます。

○妻木川流域では、治山や砂防事業が営々と実施されてきたことか大きな要因となって、緑豊かな山に変貌しましたが、未来永劫、洪水や土砂災害に対する安全が保障されているわけではありません。山の斜面での森林土壌はいまだに薄く貧弱であるため、大雨時には雨水が流れやすく、沢や支川に建設された砂防堰堤の多くは土砂でいっぱいになっています。土砂でいっぱいになった砂防堰堤には、土砂をそれ以上、貯める機能は期待できません。また、沢や支川の中には大量の土砂が貯まっていたり、山腹斜面の直下には、大規模に浸食されたところもあります。今後は、これらのところから、大雨の時には、大量の土砂が流れることも危惧されます。また、毎年一回あるような雨でも、人知れず土砂が流出し続けていること、それによって堰堤が徐々に埋まっていくことも想定されます。

外見は緑の山でも、大雨時には、まだまだ土砂や流木が流れてくる危険があると認識する必要があります。そのような危険による災害を防止・軽減するためにも、堰堤に堆積した土砂の除石などの維持管理を行っていく必要があります。

まずは、皆さんは妻木川流域という大雨時には土砂も水も流木も下流に集まって流れてくるお椀の中に住んでおられることを認識ください。土岐市民という意識だけではなく、ぜひ、「妻木川流域住民」という意識を高めていただきたいと思います。

○最後に、今やこれからも協働の時代です。洪水や土砂災害の対策は、行政がかなりのところまで実施しないと技術的にも予算的にも難しいところもありますが、住民の皆様による自助・共助、行政(公助)との連携が非常に重要です。

ぜひ、地域の活性化につながる活動の一環として、住民の皆様が積極的に山に入るきっかけを作って、地域の歴史、文化、自然などの認識とともに、近未来の洪水や土砂災害の回避のためにも、山の状況を定期的にかつ大雨などの後に自分たちの目で認識するようにしていただきたいと思えます。たとえば、年に一回程度ならびに大雨や地震の後に堰堤にどの程度土砂がたまったかの監視、②流路工内の樹木や草の成長具合の監視とその伐採・刈取りなどについては、地域の皆さんが自助・共助の一環として実施することが望まれます。

2014 年に策定された「妻木砂防遺産のある町さんぽ構想」に基づいて、「さんぽ」により地域の文化や歴史、環境、防災の歴史やこれからの課題について皆で双方向に議論しあい、協働してそのための環境を整備していくことが非常に重要となると考えます。

シナリオ案を用いた説明手法のポイントを以下に示す。

- 1) まずは、対象地域の文化・歴史的なトピックと砂防との関わりについての問題提起により、住民の方々に本シナリオ案に関心をもっていただく。
- 2) 従来型の水系砂防効果(土砂流出の抑制⇒河床上昇の抑制⇒洪水氾濫軽減)の説明に主軸を置くのではなく、双方向のコミュニケーションによる議論や演習を通じ、砂防事業の促進などにより禿山から「緑の山」となった現在、近未来の様々な課題とはなにか、それらに対して行政・住民が協働して対処していくことの重要性を強調する。
- 3) 「緑の山」からも土砂が流出すること、砂防堰堤などの防災施設の効果には限界があること、施設の効果を発揮させ続けるためには、維持管理が重要であることを、調査結果や模型実験演習などにより理解いただく。
- 4) 住民自らが積極的に山に入るきっかけを作ること、そのためには、住民自ら地域の文化や歴史、自然などを実感できる取組み活動の中で土砂の生産や堆積状況、砂防堰堤などの堆砂状況などに

ついて監視する仕組みを作ることの重要性を認識いただく。

5) 行政や専門家から住民への情報発信に加えて、住民自身が山の状況を監視することにより、妻木川流域の個別の砂防事情を住民から行政や専門家に発信する仕組みの基礎が構築され、双方向型コミュニケーションを効果的に実施できるようになることが期待される。

【シナリオ案作成のために実施した個別の調査研究の概要】

1. 妻木川流域などの数値地形情報データ作成

水系砂防事業の効果を地域の住民により良く理解してもらい、土砂生産域からの土砂流出の規模・頻度など土砂動態について住民との間で双方向コミュニケーションを図るには、土砂量など想像性に乏しい数値や難解な数式を列記するのではなくて、自分たちが住んでいる地域での土砂害発生危険度について、児童でも理解できる可視的で平易な説明が必要とされる。そこで、PCの地形解析ソフトを使用して流域の数値地形基本データを作成し、調査対象流域の3次元表示、土地利用の現況、並びに保全域と土砂生産域との位置関係を図示するとともに、地形解析に資することを目的とした。

数値地形基本データの作成に利用した地形解析ソフトは米国 ESRI 社製の ArcGIS Ver. 10.2 で、多治見砂防国道事務所から貸与された数値標高モデル (DEM) データと空中写真画像データを使用した。対象流域は肥田川、妻木川、生田川、笠原川、市之倉川、大原川の6流域で、ArcGISを使用して計測する主な項目は、傾斜区分、支流域面積、流路長・流路幅、河床縦横断面形状、堆砂域規模、土地利用別での面積割合などである。

1) ArcMap でのレイヤ作成と準備作業

多治見砂防国道事務所から貸与された1mメッシュのDEMデータは、東西2km×南北1.5kmの区域を1区画とした通常版(肥田川および妻木川流域)と東西0.8km×南北0.6kmの区域を1区画とした細分割版(生田川、笠原川、市之倉川、大原川などの流域)の2種類に分かれる。

空中写真の全ては、1区画が東西0.8km×南北0.6kmの細分割版で、既にオルソ化されている。貸与された画像データはGIFファイルなので容量が大きいため、JPEGファイルに変換し、画像の空間情報もjgwファイルに書き換えた。

ArcGISで様々な地形解析を流域単位で実施するためにはDEMデータの空間情報エリアと画像の撮影範囲を一致させなければならない。また、DEMデータを流域単位で統合する必要がある。1区画当たりの1mメッシュDEMデータのグリッド数は最大で48万である。流域単位に統合すると数千万と膨大な数



図-2 モザイク処理後の大原川流域の画像データ

になるため、Microsoft Access を使って DEM データをデータベース化し、Excel と同様な表示様式に加工した。

次いで、Excel 様式に加工した各区画の DEM データをマージ（結合）して、流域全体での IDW ファイル（2次元CADで利用できるファイル）を作成した。IDW ファイルは各グリッドに3次元情報が含まれたラスターデータであるので、サーフェイス化（共一次内挿）して、シェイプファイルに変換した。ただし、サーフェイス化したシェイプファイルを ArcMap（ArcGIS のなかのソフトウェア）上で示すだけでは具体的な標高等は不明であり、高度別にグループ化したラスター値を描画しなければならない。そこで閾値を 50m とした高度別の流域図を作成した。等高線を描いて示すよりも、一般住民にはこの方がより理解しやすいと考えられる。

流域の高度別分布に 2m 間隔の等高線を重ね合わせることで、より詳細な標高を具体的に把握することが可能である。また、流域内での高度別グリッド数を棒グラフで示したヒストグラムにより、おおよその面積分布を知ることができる。

個々の画像データに座標系（空間参照情報の定義）を挿入し、ArcMap 上に表示した。ただし、これらの画像データは 48 枚の画像を貼り合せたものであるために、基本的には ArcMap 上で表示のみに使用でき、画像解析や 3 次元表示の処理対象にならない。そこで、複数の画像データを流域単位でまとめて仮想的なレイヤを作成し、ワンランク上の画像データ管理が可能なモザイクデータにした（図-2）。その結果、流域の 3 次元表示が可能になった。

2) 解析およびビジュアル化作業

・流域分割

妻木川と肥田川は市街地を抜けた中流域から川幅の狭い溪谷部を呈し、上流域では再び川幅が広がって谷底平野を緩勾配で流れる。このため、土砂の生産・流送規模に関して溪谷部を中心に上下流の流域に 2 分割してデータを作成した。

・傾斜区分

土砂の生産・流出規模および頻度には斜面および河床の勾配などが密接に関連する。そのため、流域の傾斜区分をおこない、居住域など保全対象が存在する地域から土砂の発生源までの傾斜別面積割合を明らかにした。図-3 は、閾値を 5° にした笠原川流域の傾斜分布図である。1 段階の傾斜を示すメッシュの間隔は約 9m であり、流域の大半が傾斜 20° 以下の緩勾配から成ることが判る。

・支流域の形状と面積

流域形状は豪雨時の出水ピークに、流域面積は出水規模にそれぞれ関連すると考えられる。そこで、堆砂進行状況を調査する砂防堰堤が設置されている支流域の形状および集水面積を求めた。

・流路長および流路幅

山腹斜面および溪床で生産された土砂の移動範囲を

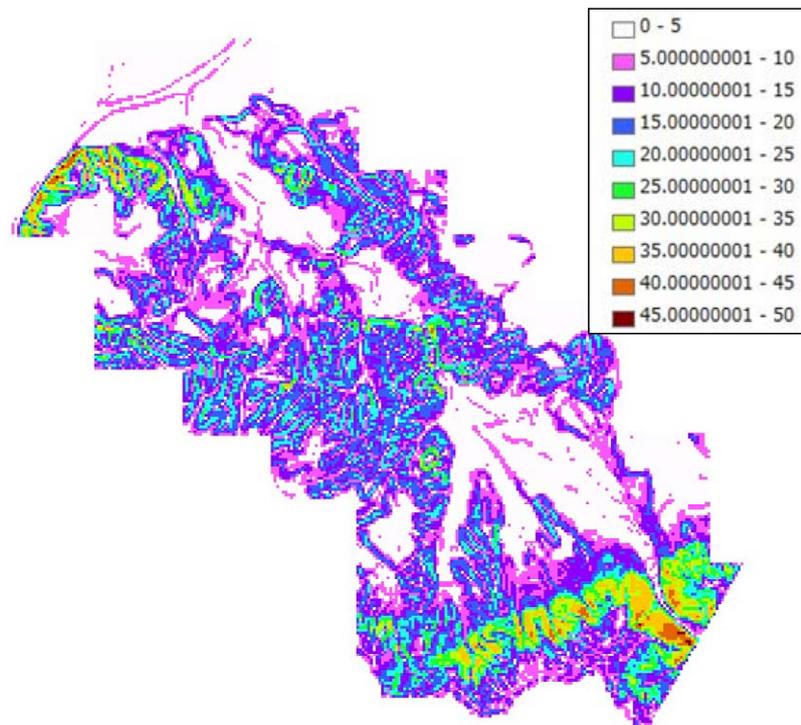


図-3 笠原川流域の傾斜分布（左上方が下流）

推定するうえで重要な要因となる流路長と流路幅を連続的に求めた。特に砂防堰堤から居住域までの隔たりは、大規模土砂流出時の災害発生頻度と密接に関連すると考えられる。

- ・砂防堰堤背後の堆砂域規模と堆砂勾配

2011 年から実施している砂防堰堤背後の堆砂量測定結果を照合する目的で、ArcMap のジオレファレンス操作で両側の斜面を含む堆砂域の横断形状、平面的な規模、堆砂勾配などを計測した。堰堤背後の堆砂厚は天端からの距離で求められるが、ArcMap で計測した横断形状を活用することによって、堆砂域の横断面積をより詳細に推定することが可能になる。

- ・土地利用形態と利用別ポリゴンの作成

市之倉川や生田川などの流域で丘陵地を中心に新興住宅団地が造成された。また、古くから陶土の産地として知られ、各流域には陶土の採鉱地もしくは採鉱跡地が点在する。これらの地域からの土砂流出は無視できない。そこで、ArcMap に作業レイヤを設けて新興住宅団地をポリゴンで抽出し、その規模を流域毎に求めた。

- ・流域の 3 次元表示

ArcGIS のソフトである ArcScene を使って各流域を 3 次元表示した。図-4 は妻木川の下石地区を中心とした鳥瞰図である。地元住民にとって、流域の地形のみならず、大規模な団地や陶土の採鉱地の存在を一目瞭然に眺めることが可能となる。ArcScene では自由な俯角からの 3 次元表示が可能であり、高度の倍率を変更することもできる。

2. 明治期から現在に至るまでの土地被覆状況の変化

庄内川上流域の過去の荒廃履歴を正しく把握するために、たとえ

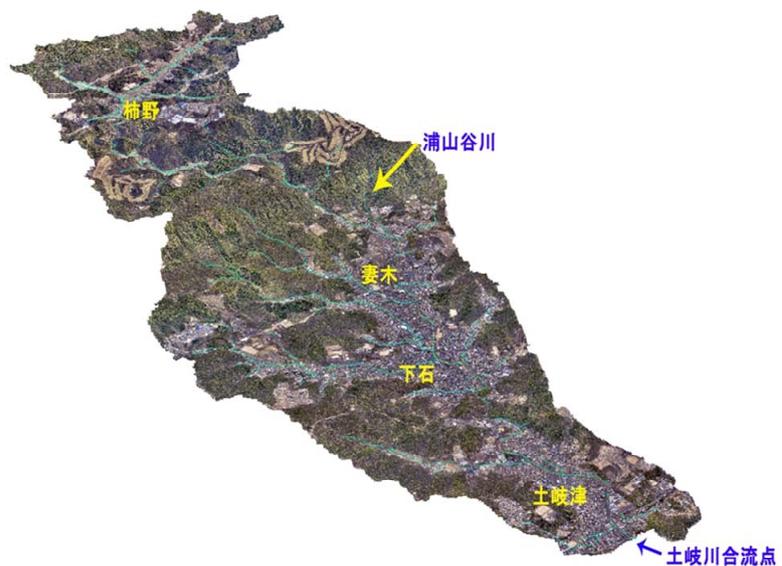
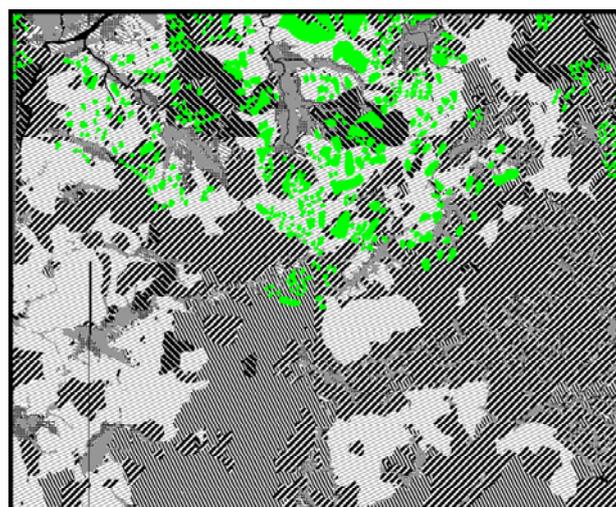


図-4 妻木川流域下石地区の鳥瞰図



	； 荒地		； 宅地・市街地
	； 針葉樹林		； 榛ぼう
	； 広葉樹林		； 川・池
	； 水田		； 桑
	； 畑		； 荒廃地復旧事業の施工地

図 - 5 明治20年代の旧版地図の土地利用記号と荒廃林地復旧事業の施工地（緑色）

ば、従来は「禿山」とみなされてきた旧版地図記号「荒地」や「榛莽」を、新たな知見に基づいて土砂生産の有無で細分し、約100年前から現在に至るまでの禿山の実態とその空間的な広がりを明らかにした。

昭和7年から当時の山林局により直轄で土岐市・瑞浪市・多治見市などこの地域の荒廃地の緑化が進められた。戦中戦後を通して事業は昭和44年まで継続され、施工面積は37年間に1,576haに及ぶと伝えられている（（社）日本治山治水協会，1982）。図-5に、明治20年代の旧版地図の土地利用記号および林野庁荒廃林地復旧事業の施工地（緑色）を重ねて示した。右上がりの細い斜線で示した白っぽく表示される「荒地」の全域が荒廃林地復旧事業の緑化の対象となったわけではない。特に肥田川流域の「荒地」では荒廃林地復旧事業の施工地となっていない荒地記号の地域も目立つ。なお、土岐市発行の「治山のあゆみ」には、大正9年から昭和58年まで県・市によって実施された荒廃地緑化の施工地を示す地図が掲載されているが、前述の肥田川流域の「荒地」については、施工地はない。

林野庁荒廃林地復旧事業の施工地と重なる10mメッシュを対象に、当該メッシュが明治20年代の旧版地図でどの土地利用記号が付されているか、その割合を図-6に示した。ほぼ

半数が「荒地」、1/4強が「針葉樹林」、そして「榛ぼう」と「広葉樹林」が続き、この4つで9割以上を占める。図-7には、林野庁荒廃林地復旧事業の施工地と重なる10mメッシュを対象に、当該メッシュの傾斜分布の割合を示した。ほぼ半数が15度以下の緩傾斜であり、25度以上の傾斜に分布される割合は2割に過ぎない。図-8には、荒廃林地復旧事業の施工地の、明治20年代の旧版地図の土地利用記号毎の傾斜分布の比較を示した。「荒地」は10～20度の傾斜に、「榛ぼう」は10～15度の傾斜にピークを持つ。比較的傾斜の緩い地域ではあるが普及事業による緑化が必要なのは、植生による被服が不十分であること示唆している。これに対して「針葉樹林」では15～20度の傾斜にピークを持ち、「広葉樹林」では20～30度の傾斜にピークを持ち、やや傾斜のある地域が該当している。

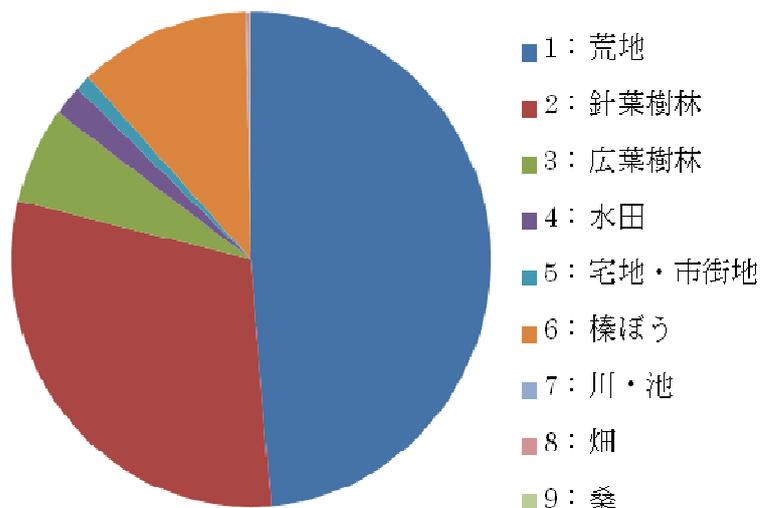


図-6 明治20年代の旧版地図の土地利用記号
林野庁荒廃林地復旧事業の施工地

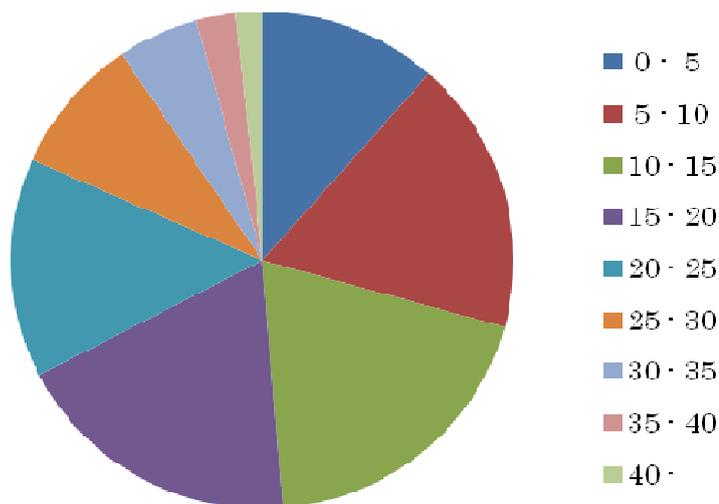


図-7 荒廃林地復旧事業の施工地の傾斜分布

3. 砂防堰堤の堆砂実態と土砂流出特性(妻木川流域における未満砂砂防堰堤堆砂量実態から見た土砂生産・流出特性)

庄内川水系妻木川流域全域にある堰堤の堆砂量実態を明らかにし、他の堰堤の影響を受けない最上流部が未満砂の堰堤での堆砂量の違いを、土砂生産・流出に関わる要因で分析することで、対象流域における土砂生産・流出実態を明らかにすることを目的とした。

調査地は、国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所管内の庄内川水系妻木川流域(流域面積 36.2km²、流路長 15km)である。の 72 基の砂防堰堤を対象として未満砂高、堆積幅、堆積長を計測し、堆砂量を求めた。計測した堰堤の中から、他の堰堤の影響を受けない最上流部が未満砂の堰堤を抽出した(図-9)。次いで、各未満砂堰堤の堆砂量の違いを土砂流出・生産に関わる要因として、降雨履歴、起伏比、地質、累積ストリームパワーで評価した。堆砂量は下記の(1)式から求めた。

$$V=0.5 \times H \times B \times L \dots (1)$$

ここに、V:堰堤上流域での堆砂量(m³)、H:堆積厚(m)、B:平均堆積幅(m)、L:堆積長(m)。

計測した結果、72 基中、他の堰堤の影響を受けない最上流部が未満砂の堰堤は 15 基であった。未満砂の堰堤の堆砂量を図 - 10, 11 に示す。浦山第 4 砂防ダム以外の未満砂堰堤の堆砂量は約 130~2,000m³であったが、浦山第 4 砂防ダムでは約 7,000m³という大きな値となった。

気象庁の降雨量データ(1976 年以降~2012 年)から岩井法によって超過確率日雨量を求めた。本研究では降雨履歴の評価を行える 1976 年以降に施工された 4 基(古井第 2 砂防ダム、西ヶ沢第 5 砂防ダム、水洞第 3 砂防ダム、浦山第 4 砂防ダム)につい

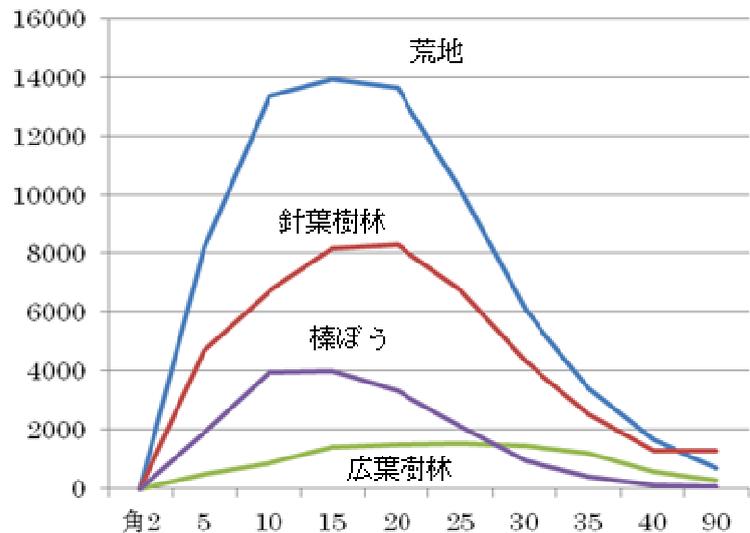


図-8 荒廃林地復旧事業の施工地の明治20年代の旧版地図土地利用記号毎の傾斜分布の比較

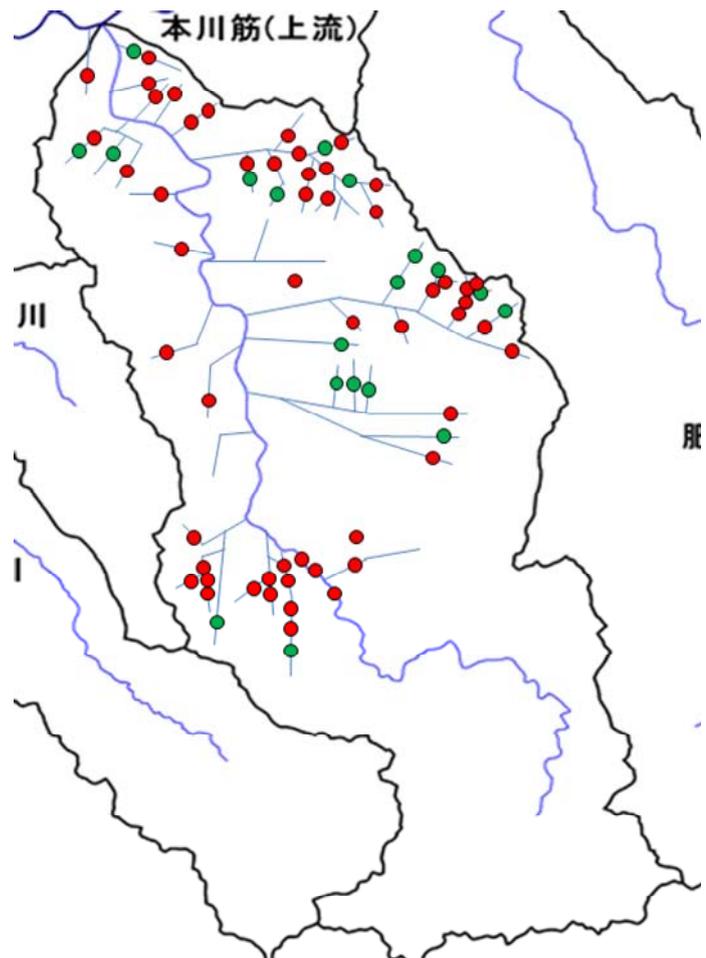


図-9 妻木川流域の満砂状態の砂防堰堤(赤い丸)と未満砂の砂防堰堤(緑の丸)の分布

て土砂生産・流出実態の評価を行った。

土地被覆状況調査(多治見砂防国道事務所 2006)のデータから妻木川流域の荒廃地面積率(崩壊地, 崩壊跡地, 禿しゃ地)の経年変化を求めた結果と降雨履歴を図-12に示す。荒廃地は経年的に減少しており, 2000年以降はほぼゼロに近い。また, 2000年で50年, 2011年で200年の超過確率日雨量を経験しても崩壊は起きていない。調査対象期間である1976年以降, 未満砂堰堤上流域では, 他の堰堤の影響を受けない最上流部が未満砂の堰堤土砂流出量は多くはなかったと考えられる。各未満砂堰堤の堆砂量と地質, 起伏比, 累積ストリームパワー(奥村 1977)との関係を表-1に示した。累積ストリームパワーは下記の(2)式を用いて求めた。

$$Sp=Rd \cdot I \cdot A \cdot \dots (2)$$

ここに, Sp: 累積ストリームパワー (km²・mm), Rd: 日雨量 383.5 (mm/d), I: 勾配 (tanθ), A: 堰堤直上流の流域面積 (km²)

地質, 起伏比と堆砂量の両者には明瞭な関係はみられなかった。古井第2砂防ダムは起伏比 0.05 と傾斜が緩い

流域であるが堆砂量は 2,000m³ である。この値は, ほぼ同じ降雨履歴, 流域面積と同じ地質でかつ, 起伏比と累積ストリームパワーが約3~4倍程度大きい水洞第3砂防ダムの堆砂量よりも大きい。その要因のひとつとして, 1989~2012年の間に堰堤上流域で行われた宅地造成による影響が考えられる。西ヶ沢第5砂防ダムと浦山第4砂防ダムは同じ地質, 同程度の起伏比であるにも関わらず堆砂量に約5,500m³, 比堆砂量にも約8,000m³/km²の違いがある。この2つの流域には累積ストリームパワーに倍以上の違いがあり, ひとつの要因として土砂輸送能

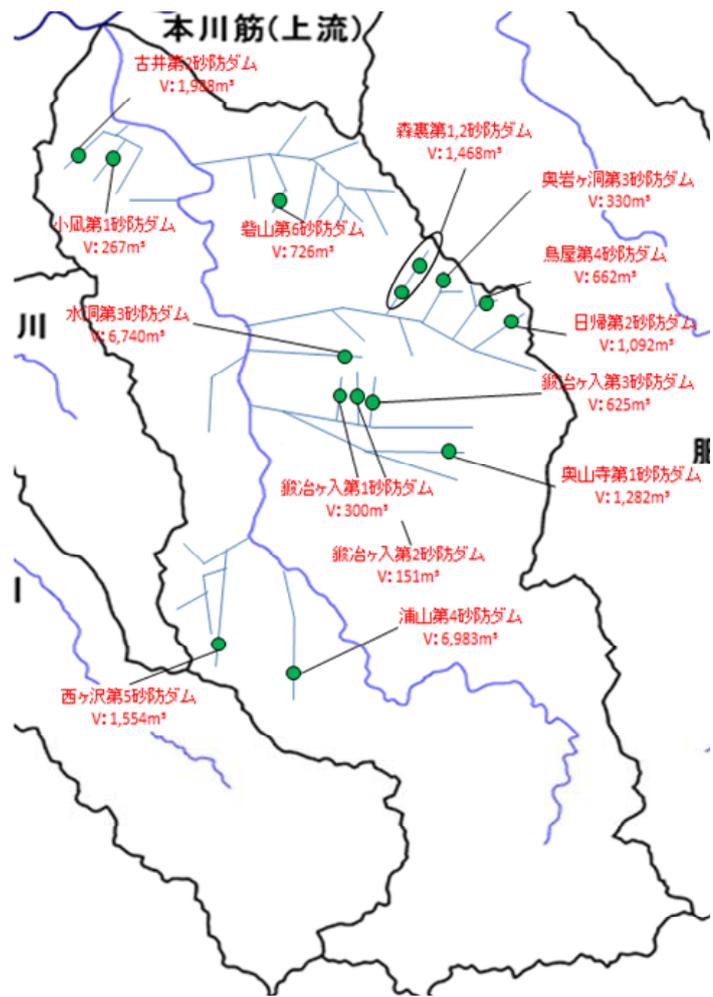


図-10 妻木川流域の未満砂の砂防堰堤(緑の丸)の堆積土砂量

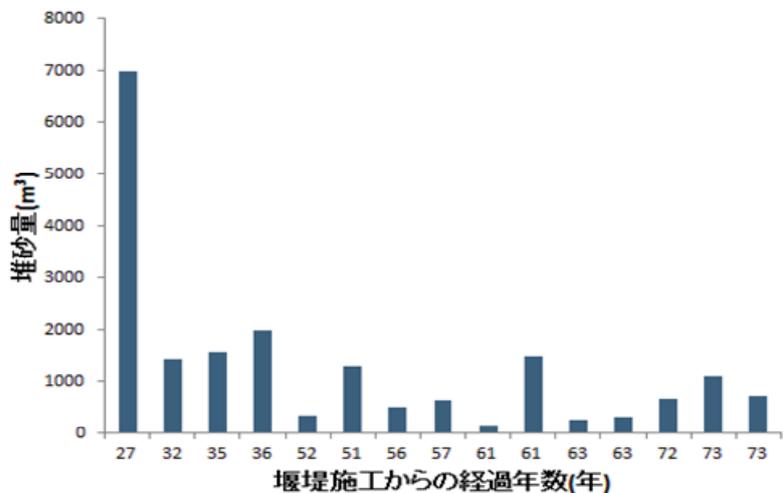


図-11 未満砂堰堤の堆砂量

力が堆砂量の違いに影響したと考えられる。

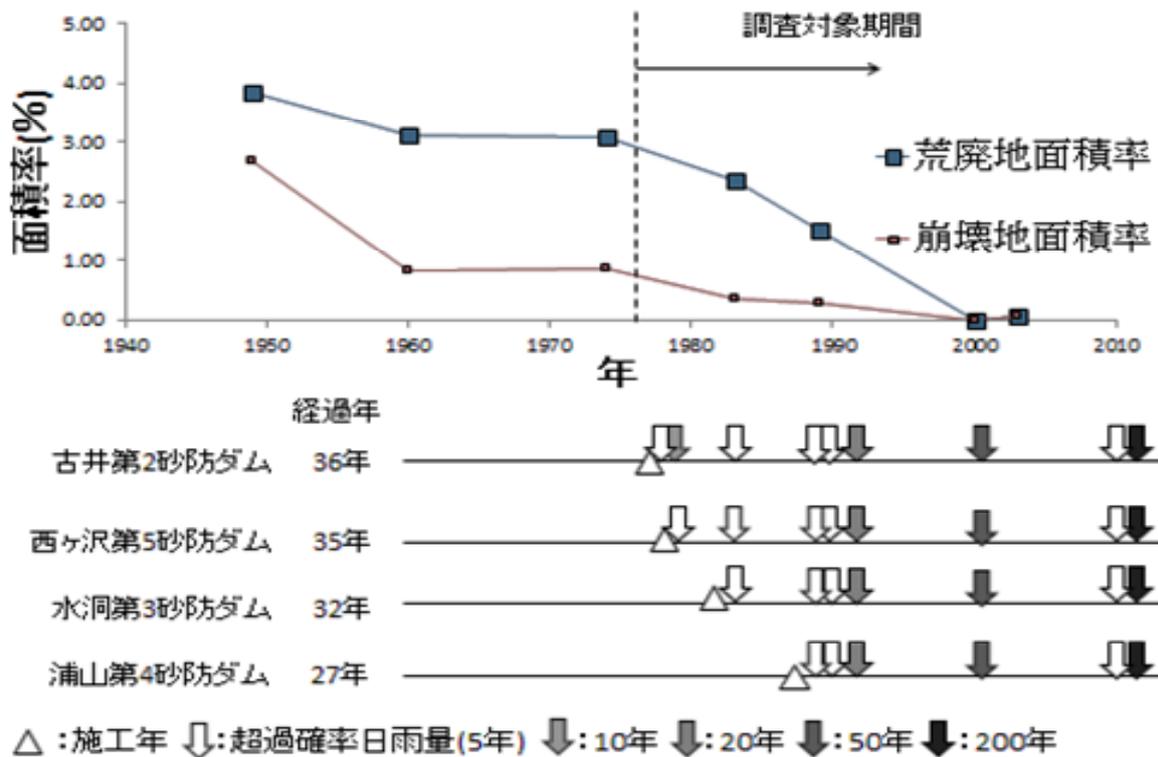


図-12 荒廃地の経年変化と降雨履歴

表-1 未満砂堰堤の堆砂量と各要因の関係

	経過年数	堆砂量(m ³)	比堆砂量(m ³ /km ²)	流域面積(km ²)	地質	起伏量	累積ストリームパワー(sp)
古井第2砂防ダム	36	2000	15400	0.13	砂礫及び粘土	0.05	2.5
西ヶ沢第5砂防ダム	35	1500	11900	0.126	黒雲母花崗岩	0.28	13.5
水洞第3砂防ダム	32	1400	9000	0.155	砂礫及び粘土	0.16	9.5
浦山第4砂防ダム	27	7000	20200	0.345	黒雲母花崗岩	0.22	29.1

次いで、多治見砂防国道事務所(2006)が行った土地被覆調査の結果から対象とした堰堤直上流域の裸地面積の推移を明らかにし、上流域の裸地面積を考慮して斜面からの流出土砂量を算出した。最後に、対象堰堤上流域の山腹斜面からの生産土砂量を土壌侵食量により算定した。土壌侵食量は、綱本(1967)が庄内川流域で土壌侵食量と降雨加速度の関係から経験式を示したが、その算定にあたって必要となる10分間雨量は2008年以降しかデータがないため、降雨強度と土壌侵食量の関係から相関式を求めて算定した。綱本(1967)によって計測された庄内川流域での土壌侵食量のデータを用いて、それと時間雨量の関係を図-13に、求めた相関式(3)、(4)を示す。

$$\text{裸地区} : y = 63.288x - 250.64 \dots (3)$$

$$\text{植生区} : y = 10.994x - 29.43 \dots (4)$$

ここに、比土壌侵食量(m³/km²)、x：最大1時間雨量(mm)

相関式(3), (4)と綱本(1967)の経験式により算定可能な2008年以降を対象として計算値の比較を行った結果, 相関式(3), (4)で算定した土壌侵食量のほうが低めとなったが, 土砂侵食量の概算値として算出することは可能である。そこで, 本研究では相関式(3), (4)で算定された土壌侵食量を山腹種面からの生産土砂量とした。ただし, 算定された土砂量は堰堤の堆砂域に堆積しない粘土・シルト成分が含まれているため, 粒度加積曲線から砂礫及び粘土帯では約25%, 花崗岩地帯では約20%を除外して生産土砂量を算定した。このようにして求めた4基の対象堰堤上流域の土砂収支を表-2に示す。

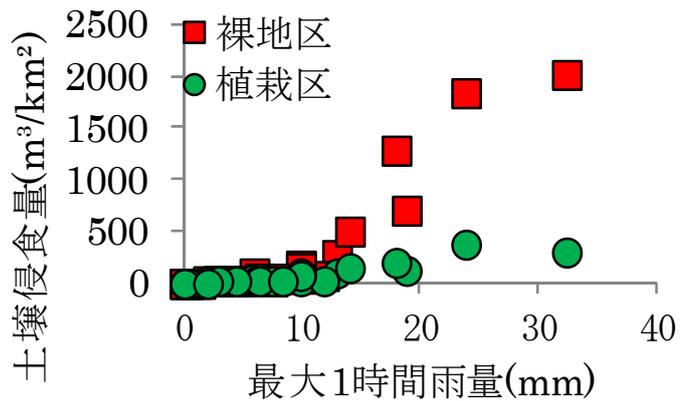


図 - 13 土壌侵食量と最大1時間雨量の関係

妻木川流域では外見は緑となり, 斜面からの生産土砂量に加え, 土砂輸送能力が高い箇所では, 降雨時, 河道内に存在する移動可能土砂が再移動したと考えられる。また, 移動可能土砂の再移動以外にも渓流内での異常侵食による影響も考えられる。浦山第4砂防ダム上流域では山腹工脚部付近での侵食や溪岸浸食が進んでおり, 今後とも土砂生産ポテンシャルの高いエリアであると考えられる。

表 - 2 対象堰堤上流域の土砂収支

ダム	生産土砂量(m³)	堆積土砂量(m³)		堰堤上流部に滞留している土砂量 堰堤下流部に流出した土砂量(m³)
		堆砂量(m³)	河道堆積物量(m³)	
古井第2砂防ダム	7300	2000	100	5200
西ヶ沢第5砂防ダム	7300	1500	400	5400
水洞第3砂防ダム	7900	1400	2400	4100
浦山第4砂防ダム	15700	7000	3000	5700

4. 山腹斜面の土壌発達と浸透能(妻木川流域鶴里地区での禿しゃ地山腹斜面の植生回復に伴う森林土層形成の実態と浸透能)

禿山のような禿しゃ地では植生が失われているため, 降雨による雨滴の衝撃や表面流の侵食による土砂の流出が激しく, 植生の回復は困難である。森林には中小出水をもたらすような豪雨ではピーク流量を抑え無降雨時少しずつ水を流出させる流量維持機能がある。その機能は森林土壌と基盤への水の浸透, 貯留によるところが大きいため, 侵食が軽減されていて土層が発達していないと発揮されない。瀬戸, 多治見を中心とする東濃地方は瀬戸物の産地として知られており, 古くから窯業用燃料の樹木伐採, 陶土の採掘が行われ禿山が広がっていた歴史がある。その後1937年から国による直轄砂防事業が行われ, 現在植生は回復し, 現在は外観は緑に覆われている。流域からの水・土砂流出の予測や植生回復の評価などのためには, 砂防事業が始まってから約70年経た現在までに森林土層がどの程度形成され最終浸透能がどの程度なのか, まず明らかにする必要がある。本研究では植生回復後の庄内川

表-3 各地点の土層厚

	リター層(cm)	土壌層(cm)	勾配(°)	地形
A-1	2	7~8		尾根
A-2	2.5~3	2	28.0	谷
A-3	2	2.5~3	13.4	谷
B-1	2	2~3		尾根
B-2	2~3	1~1.5	10.9	尾根
B-3	3~4	2	27.6	谷
B-4	1~2	1以下	32.0	谷
B-5	1~2	1~1.5	24.0	谷

水系妻木川流域での土層の形成実態と最終浸透能を明らかにすることを目的とする。

研究対象地庄内川水系妻木川流域である。流域面積は 36.7 km²、流路長は 15 km、地質は新期領家花崗岩類である。明治期の土地利用図の解析結果(図-5)(流域の 4 割が禿しゃ地)、昭和 22 年から平成 15 年までの 5 時期の航空写真から妻木川流域の土地被覆の変遷を明らかにし、明治期は森林であり、現在も変わらず森林である場所(A)、禿しゃ地が昭和 57 年の航空写真では森林に回復し現在に至っている場所(B)を調査プロットとして選定した。A(A-1 から A-3)、B(B-1 から B-5)各地点で土壌厚、粒度分布を調査した。また A(A-2 直上部)、B(B-5 直上部)それぞれにおいて山腹斜面の谷部で散水試験を行い浸透能を測定した。勾配は A 地点で 18°、B 地点で 20° の地点である。散水試験は 50cm×50cm の方形プロットを設け、リターを除いた場合、リターと土壌を除いた場合の 2 通りを行った。散水プロットからの流出量に変化が見られなくなる最終浸透能に達するまで約 3L の水を繰り返し散水機で撒いた。

土層は A, B とともに上位からリター層、森林土壌層、風化花崗岩層と構成されており、各地点の土壌厚は表-3 のとおりである。土壌厚は A のほうが B より厚い。A, B いずれの箇所とも、山腹斜面谷部の土壌層は尾根部よりも薄い。粒径は A では土壌層のほうが風化花崗岩層よりも少し細かいが、B ではその違いが顕著である。また B の風化花崗岩層は A よりも粒径が大きい(図-14)。粒度分布のひろさの程度を示す均等係数を比較

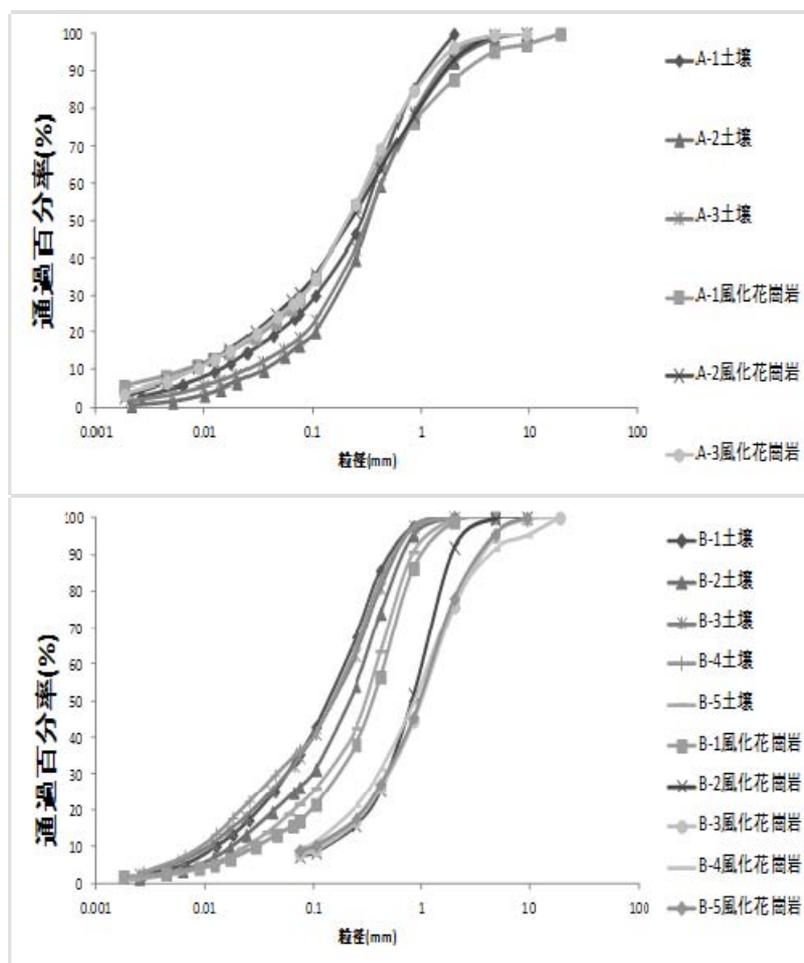


図-14 粒径分布

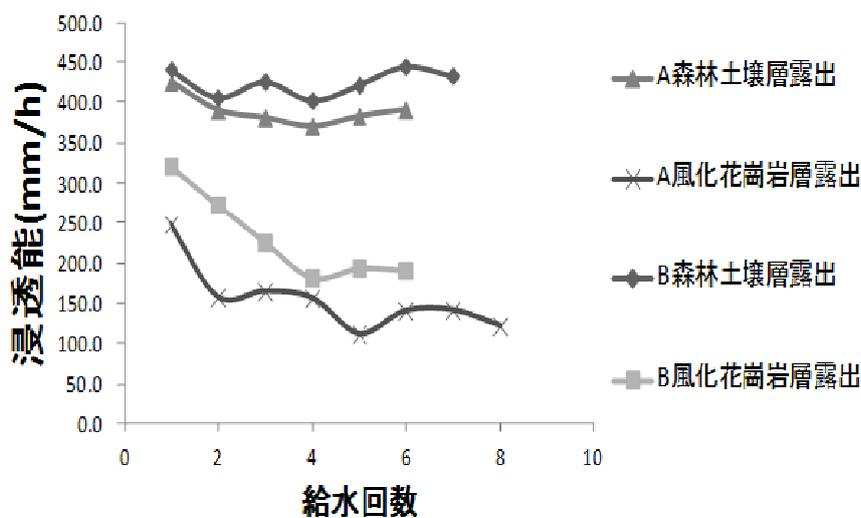


図-15 散水試験による浸透能

すると、Aの風化花崗岩層は36~46と大きい値を示すのに対し、Bでは、1~12程度と小さい。散水試験による浸透能の結果を図-15に示す。最終浸透能は森林土壌がある場合が大きく、Bの風化花崗岩層ではその半分程度の値であった。Aの風化花崗岩層は最も低くかった。

雨水の集まりやすい山腹斜面谷部では土壌の侵食による土砂移動が発生しているため、尾根部より土壌が薄いと考えられる。AとBの土壌層の粒径分布を比較すると、Aのほうが細粒分を少し多めに含んでいる。また、Bの風化花崗岩層の粒径はAよりも大きく、均等係数は小さく、礫分は20%程度と多い。その理由としては、Bは過去禿しゃ地であった時期に細かい成分が流出したためではないかと考えられる。Bの風化花崗岩層の粒径分布は、Aのそれよりも全体的にあらく、礫分が20%程度とAよりもかなり多い。土壌層でAB間の最終浸透能に差が見られるのは土壌厚の差によるものと思われる(A土壌厚3.5cm、B土壌厚1cm)。またB風化花崗岩層よりA風化花崗岩層の最終浸透能が下回っているのは、A風化花崗岩層露出状態が細粒分をより多く含み禿しゃ地初期状態に近いと考えられる。

【主な発表論文】

山田孝, 澤徹, 菊谷幸加, 木村正信, 田中隆文, 有澤俊治(2014): 砂防施設の整備が進み緑豊かな山地に変貌した流域でのこれからの協働型砂防の伝え方 - 岐阜県土岐市支川妻木川流域を事例として - 平成26年度砂防学会研究発表概要集

澤徹, 山田孝, 木村正信, 田中隆文・有澤俊治(2014): 庄内川水系妻木川流域における堰堤堆砂量変化からみた土砂動態実態、平成25年度砂防学会研究発表概要集A、pp256-257

澤徹, 菊谷幸加, 山田孝, 木村正信, 田中隆文, 有澤俊治(2014): 庄内川水系妻木川流域における荒廃山地修復後の砂防堰堤堆砂実態と土砂生産特性、平成26年度砂防学会研究発表概要集

西村淳吾・田中隆文 岐阜県土岐市の山地河川における Step-Pool の構造に関する研究. 第125回日本森林学会大会(大宮市)平成26年3月

田中隆文 昭和13年六甲災害の原因についての当時の新聞報道および報告書のテキスト分析. 第125回日本森林学会大会(大宮市)平成26年3月

田中隆文, 木村正信, 山田孝, 澤徹(2013): 近代の山地荒廃状況に関する庄内川流域と六甲山地の比較, 中部森林研究 3, p.109-110

田中隆文・北山祐希 自然災害の原因についての複数論併記の実例とそのテキストの分析. 科学技術社会論学会2013年度年次大会(目黒区)平成25年11月

湯川典子・田中隆文・有澤俊治・黒岩知恵 近代の里山空間の特徴と災害ポテンシャル情報としての利用可能性. 平成25年度砂防学会研究発表会(静岡市)平成25年5月

小西勇士・田中隆文 旧版地図を用いて作成した植生履歴図と表層崩壊. 平成25年度砂防学会研究発表会(静岡市)平成25年5月

Masanobu KIMURA(2013): Spatial management of sediment discharge and proper equipment for drainage, International workshop on current status and future issues of urban erosion control works (II) 2013.09.05 Chuncheon/Korea1-17pp.

Masanobu KIMURA(2012): Sabo works in urban areas, International workshop on current status and future issues of urban erosion control works (I) 2012.09.04 Chuncheon/Korea 38-60pp.

⑦今後の課題・展望(本技術研究開発で得られた成果を踏まえ、成果のさらなる発展や砂防行政への活用に向けた、今後の課題・展望等を具体的に記載ください)

本研究は、多治見砂防国道事務所が抱える大きな課題の一つを対象としたものである。本研究の最終成果であるシナリオ案は、地域住民がこれまでの砂防事業の理解を深め、今後の維持管理が主体となる時代における砂防の新たな課題に対して、行政と地域との協働型解決手法を示したものであり、砂防事業の現場が抱える課題の解決に大いに資するものと考えられる。

研究の最終成果である「地域との双方向コミュニケーション型科学的説明シナリオ(案)」の作成段階から、国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所を通じて、地域の中核となる住

民リーダーの方々と議論を重ねている。本研究成果の普及にあたっては、こうした地域の住民リーダーの方々から流域内の土岐市教育委員会、自治会や地域歴史文化の活動団体(たとえば、妻木城址の会、鶴里町誌編纂委員会、妻木町公民館など)に呼び掛けていただき、住民への説明会ならび演習、共同現地調査などを今後実施していく予定である。その結果をもとに、住民のシナリオ案についての理解度や疑問点などを整理・評価し、本研究で提案したシナリオ(案)の改良を図っていく。さらに、住民の方々から行政への情報発信として、山や砂防施設の状態を監視・連絡いただけるようなシステムを構築できるよう、まずは監視手法についての野外実習による教育プログラムを作成していきたいと考えている。

一方、2014年に、国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所の支援のもとに、妻木砂防遺産のある町さんぽ構想協議会より、「妻木砂防遺産のある町さんぽ構想」が策定された。この構想は、妻木町のさまざまな魅力とこの地域での砂防事業を通じての防災の重要性を地域住民や観光客などが考えるきっかけとなること、さらにはそのための環境を整備することを目的としたものである。そのなかで、地元の八幡神社から山寺地区と堰堤を巡るさんぽコース、文化財堰堤と妻木城と上郷地区などを巡るさんぽコース、文化財堰堤などと妻木城を巡るトレッキングコースなどが具体的に紹介されている。また、環境整備計画として、浦山砂防堰堤群の周遊歩行路整備などが提案されている。このような、「さんぽ」によって、地域の文化や歴史、環境、防災の歴史やこれからの課題について皆で双方向に議論しあい、協働してそのための環境を整備していくことが非常に重要となると考える。

本研究の最終成果であるシナリオ案を用いた相互コミュニケーションと、このような地域による取り組みを連携させることで、より高い効果が得られることが期待される。

また、シナリオ案の今後の改良のためにも、シナリオ案に用いる科学データの追加のための様々な調査研究(緑の山での降雨 - 流出応答実態、山腹斜面での侵食量や流出土砂量の計測、支川の河床変動測量など)を今後は実施していく必要があると考えている。

以上