

銅山跡地の植林事業にみる森林の洪水低減機能の回復に関する研究

徳島大学 学生会員 ○滝沢侑也

徳島大学 正会員 田村隆雄

徳島大学 正会員 武藤裕則

1. はじめに：本来の森林の表層土壌は柔らかく、浸透性が高い土壌であり、洪水低減機能があるとされている。しかし、山地荒廃の影響を受けた森林は洪水低減機能を失う。富郷ダム流域と草木ダム流域では、銅山の採掘にともなって山地荒廃が進んだ。その結果、表層土壌の流亡による表層土壌層厚の減少により、1899年の別子大水害をはじめとする洪水が多々起こった。富郷ダム流域は、100年以上前から植林活動が行われ、かつての荒廃地には木々が生き茂っている。足尾銅山は植林開始後30年程度しか経過しておらず、現在でも植林が行われている。植林の効果として、表層土壌の回復はほとんど見られないが、森林の降雨遮断による洪水低減機能が回復しているという知見が得られている¹⁾。そこで、本研究では降雨遮断による森林の洪水低減機能を評価するために、草木ダム流域と富郷ダム流域で、分布型流出モデルを用いた洪水流出解析を行い、木々の回復と森林の洪水低減機能の回復の関係を評価する。

2. 解析対象流域の概要：解析対象流域は、草木ダム流域と富郷ダム流域である。草木ダム流域は、流域面積 256km^2 、年平均降水量は 1800mm である。荒廃面積が 25km^2 程度であり、植林活動による回復面積は 2.5km^2 であるため、荒廃地が多く残る（図1）。富郷ダム流域は、流域面積 98km^2 、年平均降水量は 2500mm である。荒廃面積は流域全体であるが、100年以上の植林活動によって、荒廃地はほとんど残っていない（図2）。

3. 流出解析手法：分布型流出モデルを用いて解析を行った。樹木による降雨の遮断蒸発を遮断蒸発モデルで再現し、地表面到達雨量を再現する。斜面部では、地表面流分離直列2段タンクモデル（図3）、河道部では修正 Muskingum-Cunge 法を使用した。草木ダム流域では、斜面を17分割し、地質と植生の違いによって6つのグループにまとめ、河道を7分割し、河道勾配の大きさによって2つのグループにまとめてパラメータ同定を行った。同定に使用した降雨イベントは、2002年の台風6号（7月9日～12日）、2007年の台風9号（9月5日～8日）、2009年の台風9号（8月9日～12日）である。富郷ダム流域は、近藤の研究¹⁾から得られたパラメータを使用した。

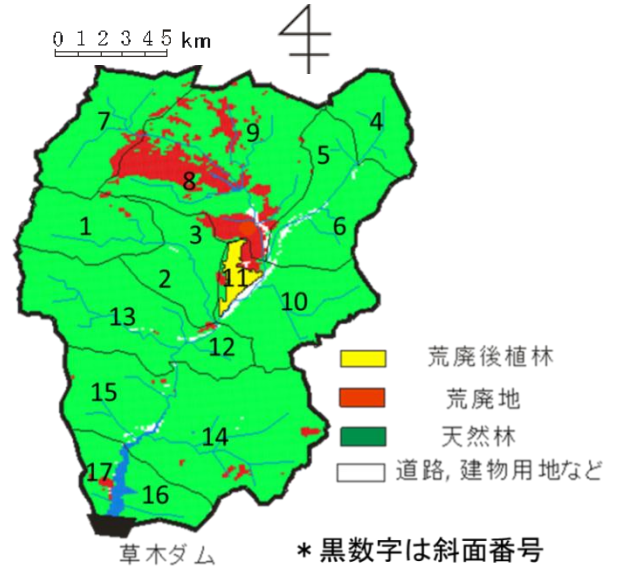


図1 草木ダム流域の森林と荒廃地

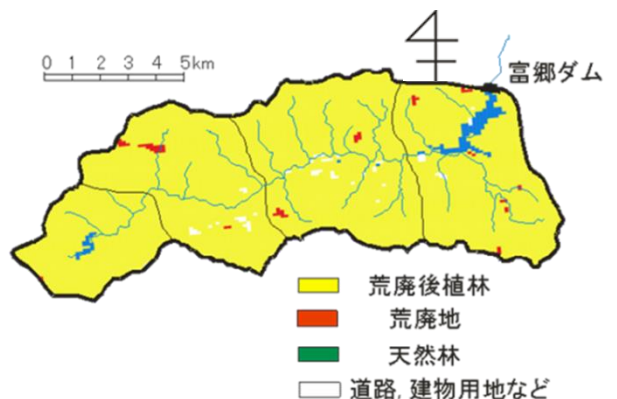
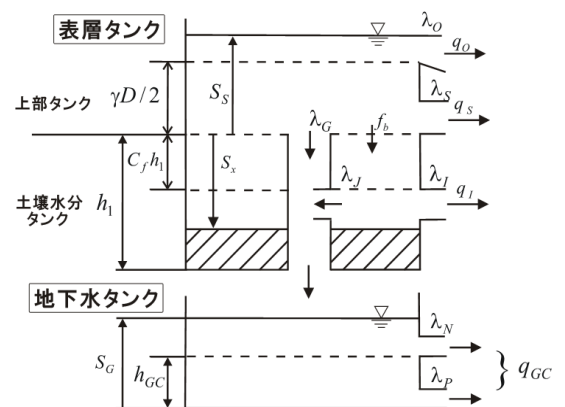


図2 富郷ダム流域の森林と荒廃地

図3 タンクモデルの概要図²⁾

4. 分布型流出モデルによる結果と考察：

4.1 同一降雨に対する流出高の比較：草木ダム流域の荒廃後に植林された斜面と富郷ダム流域で、降雨遮断ありの場合となしの場合で計算を行い、流出高を比較した。降雨データは、草木ダム流域付近にある足尾観測所で約 50 年間の間に観測された降雨の中から、2 日雨量が最も大きい 2001 年 9 月 10 日、11 日（台風 15 号）の総降雨 387mm、ピーク降雨 40mm の降雨を選定した。図 4、図 5 を見ると、富郷ダム流域の流出高は、緩やかな曲線を描いているが、草木ダム流域の荒廃後に植林された斜面（図 1 の斜面番号 11）の流出高は、降雨波形に敏感に反応していることがわかる。タンクモデルの表層の有効土壌層厚 γD は、表層土壌に貯留できる雨水量であり、本シミュレーションでは草木ダム流域で 7.8mm、富郷ダム流域で 13.6mm と推定された。草木ダム流域では、雨水が表層土壌にほとんど貯留されず、降雨が地表面流となって流出するため、降雨から流出までの時間が短くなる。そのことが原因で、流出高が降雨量に敏感に反応していると考えられる。表 1 より、草木ダム流域の荒廃後に植林された斜面の遮断率は 11.8%，富郷ダム流域の遮断率は 15.5% である。このことから、草木ダム流域よりも富郷ダム流域の方が洪水低減機能が高いと考えられる。

4.2 草木ダム流域の斜面ごとの表層の有効土壌層厚：4.1 と同様の降雨を草木ダム流域に一樣に降らせて、流域最大貯留高を推定したものを図 6 に示す。荒廃後植林の斜面は荒廃地の斜面よりも、流域最大貯留高が高く推定されている。表 2 より荒廃後植林の斜面は、植林により表層の有効土壌層厚が 20% 増加していると考えられる。しかし、荒廃後に植林が行われた斜面は、天然林①、②、③の表層の有効土壌層厚の平均値の 20% にも達しておらず、植林開始後 30 年間では、表層土壌は回復していないと推定される。

5. まとめ：2001 年 9 月 10 日、11 日（台風 15 号）の総降雨量 389mm、ピーク降雨量 40mm/hr の降雨で、表層土壌に貯留できる量は、草木ダム流域の荒廃後に植林された斜面で 38mm、富郷ダム流域は 56mm であり、樹木によって降雨遮断できる量は、草木ダム流域の荒廃後に植林された斜面で 46mm、富郷ダム流域で 60mm である。このことから、草木ダム流域の荒廃後に植林された斜面での洪水低減機能の 54%，富郷ダム流域での洪水低減機能の 51% が降雨遮断によるものであると推定される。したがって、表層土壌が回復していないと考えられる草木ダム流域の荒廃後に植林された斜面と富郷ダム流域では、降雨の遮断が洪水低減機能としての大きな役割を果たしているといえる。

6. 参考文献：1) 近藤雅浩：山地荒廃が洪水低減機能に与える影響，徳島大学修士論文，2011.2.

2) 端野道夫，田村隆雄，田淵昌之，富士川洋一：森林流域における遮断蒸発・蒸散量と流域地中水保水量の分離・評価法，水工学論文集，第 48 巻（1），pp.31-36，2004.2.

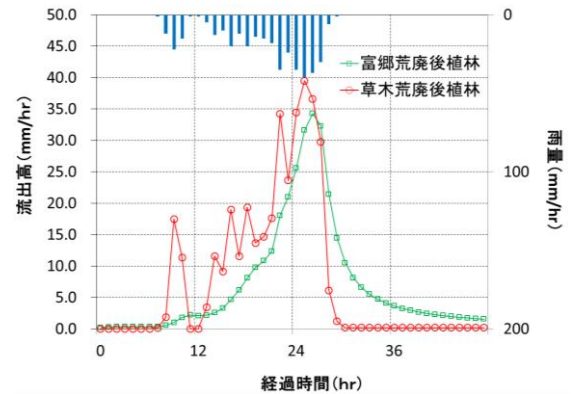


図 4 流出高（降雨遮断なし）

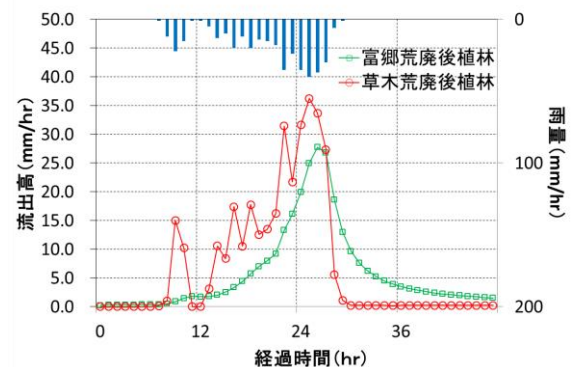


図 5 流出高（降雨遮断あり）

表 1 降雨遮断量

流域	降雨遮断量	
	ピーク降雨 40mm/hr	総降雨量 387mm
草木ダム荒廃後植林	4.7mm/hr	45.5mm
富郷ダム荒廃後植林	6.2mm/hr	59.8mm

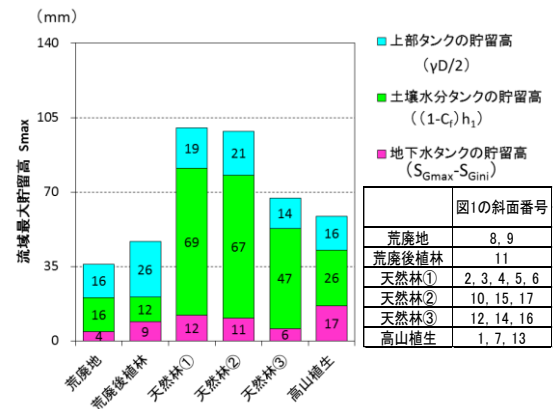


図 6 草木ダム流域の流域最大貯留高

表 2 表層の有効土壌層厚

	荒地	荒地後植林	天然林①～天然林③の平均
表層の有効土壌層厚 γD (mm)	6.33	7.84	42.06