日本全国のダム貯水池における流木蓄積量の統計解析

東北大学大学院　工学研究科　　学生会員　○助川　友斗
東北大学大学院環境科学研究科　正 会 員　　小森　大輔
東北大学大学院　工学研究科　　正 会 員　　風間　聡

1. はじめに

河川における流木は主に，枯死，風倒，河岸侵食，斜面崩壊，土石流及び森林施業といった生物的・物理的・人為的要因が複合的に作用し発生する[1]．流域内において発生した流木は，有機物や土砂，栄養塩を貯留する他，流木群は魚類や底生生物の河川内生息場所となり，下流域においては，流木は砂礫堆や氾濫原に堆積し，河畔植生の種多様性に貢献する．一方で，流下過程における衝突による橋脚や堤防などの構造物の損傷，堰止めによる洪水氾濫被害が生じている[2]．流木の発生源である日本の森林は，林業従事者の減少により十分な手入れがなされず荒廃が進み，また，森林蓄積量は年々増加しており，着実に樹木が生育している[3]．以上より，流木流出量の推定が求められている．

流木の流出過程や発生要因，生態系に与える影響，流木により堆積する土砂など流木に関する様々な研究はこれまでに行われてきた．最新の研究では，流木流出量を説明する上で直接流域面積が最も信頼性が高いことが Fremier *et al.*[4]によって示されたが，その他の要因については明確な関係は示されていない．これは，流木流出量に関係する要因が多々あり，それらが複雑に作用し合うことが原因であると考えられる．従って本研究では，斜面崩壊に着目し，既往研究[4]で解析された直轄ダムのみだけでなく，小流域も考慮した全国のダムを画一的に解析し，流木流出量に関係する要因を解明することを目的とした．

2. 手法

国土交通省から全国 1103 箇所のダム（直轄ダム，水機構ダム，補助ダム，電力ダムの計 4 種）における 1996 年から 2013 年までの最大 18 年分の年流木流出量，直接流域面積，ダム貯水池への年総流入量のデータを提供いただいた．このデータには，直接流域面積等の抜けがあったため他のデータからダムを特定し，データを整備した．整備されたデータを使用し，流木流出量と直接流域面積及び年総流入量の関係を解析した．河川改修などにより直接流域面積が変化しているものは，その年の前後でデータを分けた．流木流出量と直接流域面積を比較する有効なデータは 633 であり，上記に加え年総流入量のデータが整備されている有効なデータは 559 であった．

目的変数を平均流木流出量とし，重回帰分析を行った．説明変数は直接流域面積，直接流域内の森林地域面積（以下，森林地域面積），直接流域内の森林地域面積率（以下，森林地域面積率），直接流域内の森林地域における平均起伏量（以下，平均起伏量），直接流域内の森林地域において平均した再現期間 5 年の日降雨量（以下，5 年確率降雨量），緯度，経度とした．電力ダムは緯度と経度の特定が困難であるため除外し，重回帰分析の対象となったダムは直轄ダム，水機構ダム，補助ダムの計 375 箇所であった．

3. 結果・考察

3.1. 平均流木流出量と直接流域面積

流域規模の大きな直轄ダムのみを対象としている既往研究[4]と同様に，平均流木流出量と直接流域面積の関係を**図-1** に示す．直接流域面積が大きくなるにつれ平均流木流出量が大きくなる傾向が示された．本研究では小規模流域のダムも含めた解析であることより，流域規模に関わらず，平均流木流出量と直接流域面積に正の相関があることが新たに示された．

3.2. 平均流木流出量と平均年総流入量

図-2 に平均流木流出量と平均年総流入量の関係を示す．全体の傾向として，平均年総流入量が大きくなるにつれ平均流木流出量が大きくなる関係性が示された．一方，平均年総流入量が 1000 千 m^3/y を境にプロットの二極化が見られた．この傾向は水機構ダムを除いた他の 3 種類のダムにおいて見られた．プロットが二極化する傾向は複数のダム群において生じていることから特定のダムにおいて特出した傾向ではなく全国的に一般的な傾向である可能性が推察される．大分水界別における比較では，瀬戸内海と九州において同様の傾向が顕著に示された．

平均年総流入量 1000 千 m^3/y 未満を小流入量ダム，1000 千 m^3/y 以上を大流入量ダムと分類し，平均流木流出量と

キーワード：流木流出量，流域面積，森林地域，斜面崩壊
水環境システム学研究室：http://kaigan.civil.tohoku.ac.jp/kaigan/

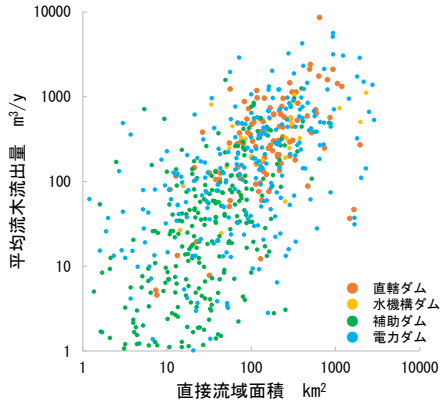

図-1　平均流木流出量－直接流域面積

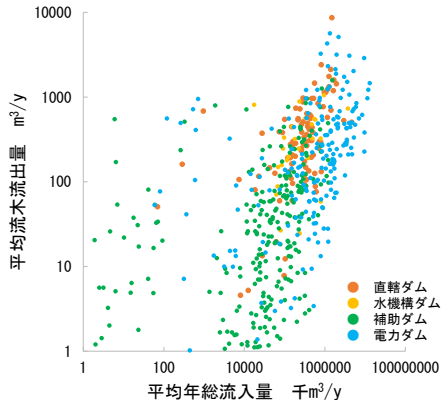

図-2　平均流木流出量－平均年総流入量

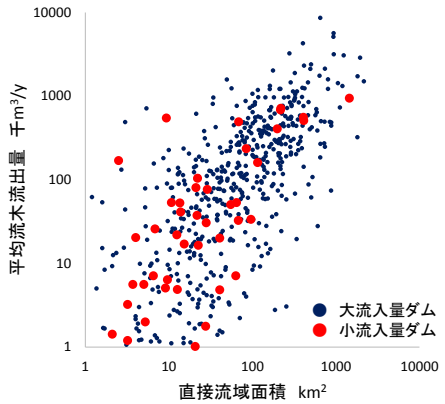

図-3　大小の流入量ダム　平均流木流出量－直接流域面積

直接流域面積の関係を比較した（図-3）．大小流入量ダム共に，直接流域面積と平均年総流入量には正の相関関係が示された．これにより，流木の発生・流出要因と流木流出量の関係を探るにはダム貯水池への流入量によってダムを分類し解析する必要があることが分かった．

3.3.　重回帰分析により得られた結果

直接流域面積と森林地域面積に共線性が見られたが，双方を分析に用いるため，説明変数 X 組（直接流域面積，森林地域面積率，平均起伏量，5 年確率降雨量の 4 因子）と説明変数 Y 組（森林地域面積，森林地域面積率，平均起伏量，5 年確率降雨量の 4 因子）の 2 通りで重回帰分析を行った．結果を表-1，表-2 に示す．モデル X1 とモデル Y1 の自由度調整済み決定係数を比較すると，モデル X1：0.176，モデル Y1：0.191 と直接流域面積よりも森林地域面積の方がモデルの当てはまりが良いことが示された．これは，流木の発生源は森林であることから，森林地域面積を考慮した方が流木の流出源を表現できているためだと考えられる．モデル X2 とモデル Y2 の自由度調整済み決定係数を比較すると，モデル X2：0.211，モデル Y2：0.195 となり，面積と他の要素を考慮に入れた際は直接流域面積の方が高い関係性があることを示した．

表-1　説明変数 X 組を用いた重回帰分析の結果

モデル（X）		非標準化係数		標準化係数	有意確率	調整済みR^2
		B	標準誤差	β		
X1	（定数）	157.722	18.587		0.000	0.176
	直接流域面積	0.385	0.043	0.422	0.000	
X2	（定数）	-173.651	81.820		0.034	
	直接流域面積	0.379	0.042	0.415	0.000	0.211
	日降雨量	2.009	0.484	0.193	0.000	

表-2　説明変数 Y 組を用いた重回帰分析の結果

モデル（Y）		非標準化係数		標準化係数	有意確率	調整済みR^2
		B	標準誤差	β		
Y1	（定数）	115.526	30.017		0.000	0.191
	森林地域面積	0.933	0.100	0.439	0.000	
Y2	（定数）	-106.670	130.676		0.415	
	森林地域面積	0.925	0.100	0.435	0.000	0.195
	日降雨量	1.350	0.773	0.082	0.082	

4.　おわりに

本研究から，以下の結論を得た．

1) ダムの流域規模に関わらず，平均流木流出量と直接流域面積に正の相関が示された．
2) 平均流木流出量と平均年総流入量を比較した際に，平均年総流入量が 1000 千 m^3/y を境にその関係が異なる．流木流出量と発生・流出要因の関係を探る際に，年総流入量によりデータを分類する必要がある．
3) 平均流木流出量との関係は直接流域面積よりも森林地域面積の方が良いが，他の要因も考慮すると直接流域面積の方が高い関係性がある．

参考文献

1) 芳賀弘和，坂本康，小川滋：森林流域からの倒木や流木の流出，Journal of Japan Society on Water Environment，Vol.29，No.4，pp.207-213，2006.
2) 牧孝憲，高橋正人，落修一，三宅且仁，尾崎正明：全国のダム流木発生量調査，土木学会論文集 G，Vol.63，No.1，pp.22-29，2007.
3) 今井久：わが国の森林・林業の現状に関する調査研究，ハザマ研究年報，2006.
4) Alexander K. Fremier，Jung Ⅱ Seo，Futoshi nakamura：Watershed controls on the export of large wood from stream corridors，Geomorphology，117，pp.33-43，2010.