

流域における大型有機物片(倒流木)の生産・滞留過程と流出量の変化

北海道大学大学院農学研究科 ○徐 正一 中村太士
韓国、江原大学校山林環境科学大学 全 槿雨

1. はじめに

河川生態系へ供給された倒流木は、多様な野生生物の生息地を創出および提供することで、生物多様性を維持し、河川生態系のエネルギー、栄養塩の循環に関与する。さらに倒流木は粒状有機物炭素の一部として炭素循環に影響を与えている。一方、倒流木は土石流と共に流下して、下流の家屋や農耕地、橋梁や道路などに被害を与えてきたため、土石流対策とともに倒流木対策も重要な課題の一つである。

本研究の目的は日本全域を対象として、流域における倒流木の流出要因とその影響度合いを把握したうえで、流域スケールによる倒流木流出量の変化を明らかにすることにある。また流域スケールにおける倒流木の生産・流送・滞留および分解プロセスを明らかにし、倒流木流出量の変化を検証する。

2. 調査地と研究方法

調査地は倒流木流出量を観測している日本全国の131ヶ所のダムの集水域(図1)と北海道沙流川水系額平川流域である(図2)。

流域スケールにおける倒流木流出量に影響を及ぼす要因を明らかにするために、地理情報システム(GIS)による空間分析により、各流域の流域面積、流路長、河川合流点数、森林面積率、平均流域傾斜および平均河川勾配を求めた。また、各ダム管理所が測った流入流量と各ダムサイトから最も近い気象庁の観測所から年降雨量を得た。これらの因子を説明変量とし、単位面積あたりの年倒流木流出量を目的変量として一般化線形混合モデル(GLMM)による分析を行った。その際、共線性を持たないように相関の強い説明変量はあらかじめ排除し、曲線性を検討するために各説明変量とともにそれらの二乗項まで入れた。

流域スケールにおける倒流木プロセスの変化を明らかにするために、額平川流域において小・中・大流域の調査区を26ヶ所ずつランダム選定し、満水時の河川幅、河川勾配、流路長を測り、ラショナル式を用いて洪水時のストリームパワーを推定した。また、調査区内に分布している長さ1m以上、直径10cm以上の倒流木やそれらの群を対象として体積を測った。その際、倒流木の状態によって生産木(LWD_{recruitment})、もしくは滞留木(LWD_{storage})に区分し、生産木の場合は斜面(HS_{margin})や氾濫原(FP_{margin})の生産域を、滞留木の場合は平時時の流路(LFC)、平時時の流路を除外した洪水時の流路(AC_{exc.LFC})、二次流路を含んだ氾濫原(FP_{inc.SC})の滞留域を確認した。さらに倒流木の腐朽状態を4クラスのカテゴリで分けて調査を行った。解析として、ネストした分散分析や一元配置の分散分析を行い、テューキーのHSD検定による事後比較を行った。

3. 結果

3. 1. 流域スケールによる単位面積あたりの年倒流木流出量の変化

説明変量として選択された流域面積、年降雨量、森林面積率および平均河川勾配を用いてGLMM分析を行った結果、流域面積とその二乗項のセットが、単位面積あたりの年倒流木流出量を説明する最も強い要因であった。年比倒流木流出量は、小流域においては流域面積が大きくなるに従ってやや増加し、中規模流域においてはピークに達し、大流域においては減少することが示された(図3)。

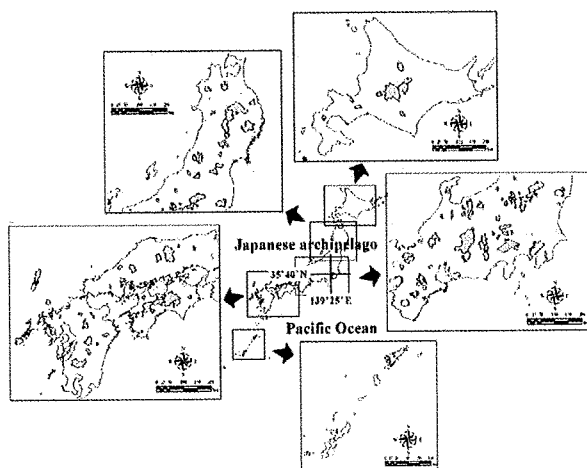


図1. 倒流木流出量を観測している131ヶ所のダムの集水域

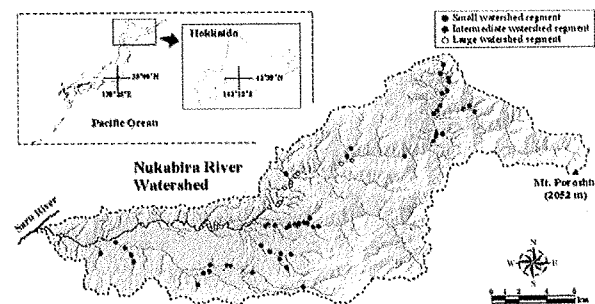


図2. 北海道沙流川水系額平川流域

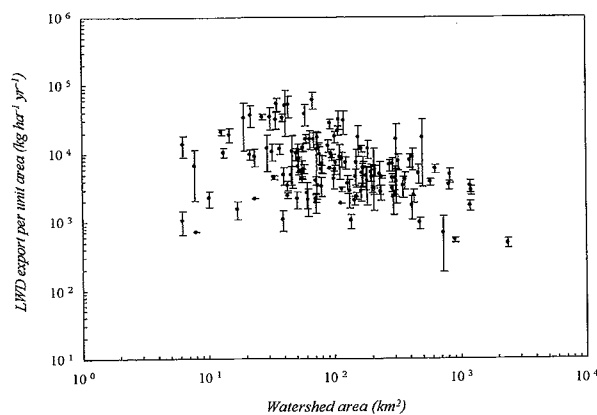


図3. 流域面積と年比倒流木流出量の関係

3. 2. 流域スケールによる倒流木プロセスの変化

単位面積あたりのLWD_{recruitment}量は、HS_{margin}区間の比率が高い小流域においては多かったが、流域サイズが大きくなると、HS_{margin}区間の比率が低くなり、生産されるLWD_{recruitment}量も減少した(図4)。

河川幅に対する倒流木長の比率(Piece-to-width ratio)は、洪水時にやや低いストリームパワーを持つ小流域で最も高く、最も高いストリームパワーを持つ中規模流域と最も低いストリームパワーを持つ大流域の間には、統計的な差がなかった。また、全流域(特に小流域)でLWD_{recruitment}がLWD_{storage}より長いことが分かった(図5)。

単位面積あたりのLWD_{storage}量は、LFC、AC_{exc.LFC}およびFP_{inc.SC}区間が最も小さい小流域において、それぞれの区間による差がなかったが、流域サイズが大きくなることに従ってAC_{exc.LFC}とFP_{inc.SC}区間が増加し、LFC区間のLWD_{storage}量は減少し、AC_{exc.LFC}やFP_{inc.SC}区間のLWD_{storage}量は増加した。特に大流域では、FP_{inc.SC}区間が急に増加することによってその区間に滞留するLWD_{storage}量も大きく増加することが分かった(図6)。

倒流木の腐朽度を把握した結果、小流域では倒流木の腐朽度が比較的に低かったが、流域サイズが増加することによって倒流木の腐朽度は高くなった(図7)。

4. 考 察

小流域においては、流域面積に対して倒流木の生産が可能である斜面ならびに河畔林面積が大きい。特に、斜面域で発生する斜面崩壊により、多くの倒流木が集中的に生産される。しかし、河幅より長い倒流木は溪岸にひっかかり、平水時にはもちろん洪水時の流量でも輸送されないため、溪流内および河道周辺に長く滞留する。運搬されるのは腐朽が進んだ小片であり、倒流木以下の粒状有機物として流下する量が多いと考えられる。従って、現存量は高いが、単位面積あたりの倒流木流出量は少ないのが小流域の特徴であると考えられる。一方、急勾配の溪流源頭部から発生する土石流は、倒流木を巻き込み、河床勾配や流れの向きが急変する沖積錐、合流点などで停止する。発生頻度は小さいが、小溪流において倒流木の多くを中流域まで運搬する重要なプロセスである。

中規模流域においては、斜面域の減少によって倒流木の生産が大きく低下し、氾濫原上に成立している河畔林の侵食による生産と量的な平衡状態を保つ。また、河幅は倒流木の長さ以上に拡大しており、洪水時には倒流木を運搬するのに十分なストリームパワーが確保される。さらにAC_{exc.LFC}に滞留している倒流木がFP_{inc.SC}に滞留している倒流木より多い(図6)。これらは、流量増加に伴う水位上昇によって流出されやすく、流域内に滞留する時間は最も短く、その量も少ないと考えられる。このため、比例倒流木流出量は頂点に達すると考えられる。

大流域においては、斜面域が大きく減少すると共に、流域面積に対して倒流木を生産することが可能な河畔域面積が少ないため、河川への倒流木供給量は少なくなる。また、洪水時倒流木を輸送するのに十分な流量を保持しているものの、広い氾濫原や扇状地など倒流木の貯留域が多く分布し、浅く緩い流れが卓越することによって下流域への倒流木の運搬は制限されていると考えられる。従って、倒流木の供給だけではなく、流出も制限され、比例倒流木流出量は少なくなると考えられる。

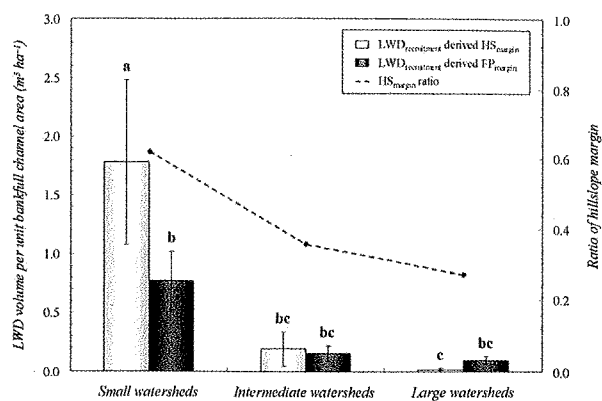


図4. 流域サイズと比LWD_{recruitment}量の関係

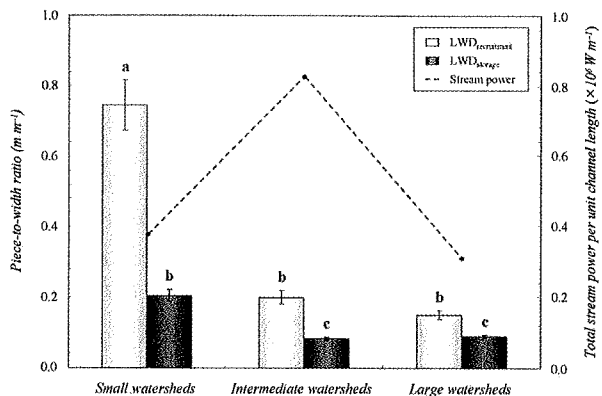


図5. 流域サイズと倒流木の輸送能力の関係

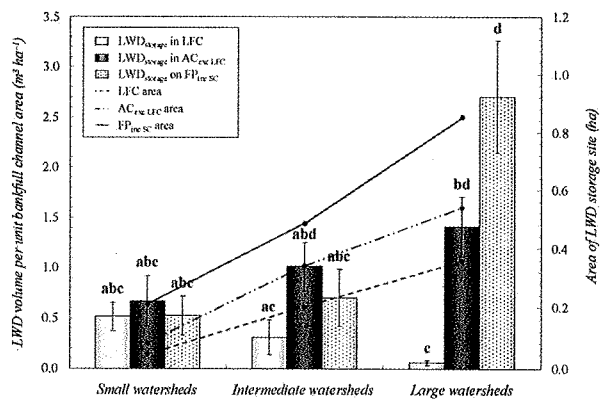


図6. 流域サイズと比LWD_{storage}量の関係

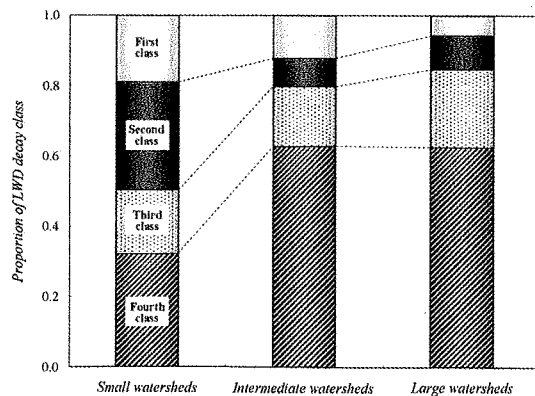


図7. 流域サイズと倒流木の腐朽度との関係