

氏名	宇津川 喬子
所属	都市環境科学研究科 都市環境科学専攻 地理環境科学域
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	都市環境博 第202号
学位授与の日付	平成29年3月25日
課程・論文の別	学位規則第4条第1項該当
学位論文題名	Role of breaking and abrasion mechanisms during fluvial grain producing–transport processes revealed from roundness changes and lithological characteristics of gravel–sand grains (河川砕屑物の生産–運搬過程における破碎・摩耗作用の役割 —礫および砂の形状変化と岩質特性を利用して—)
論文審査委員	主査 白井 正明 准教授 委員 鈴木 毅彦 教授 委員 渡邊 眞紀子 教授

【論文の内容の要旨】

河川に分布する砕(さい)屑物(せつぶつ) (主に、砂や礫) は、上流から下流にかけて粒径を小さくしながら分布する傾向にある。この分布には、細かい粒子がより遠くへ運ばれる「分級作用」と粒子が破壊されることで粒径を小さくしつつ新たな粒子が生産される「物理的な破碎・摩耗作用」が寄与しているとされる。本研究では、この破碎・摩耗作用に焦点をあて、堆積学および地形学において基礎的な概念でありつつも、近年研究が衰退傾向にある砕屑物の「生産–運搬過程」について新しい知見を得た。

【Chapter I】従来の破碎・摩耗作用に関する研究では、両作用が砕屑物の岩種や粒径に依存すると指摘されているものの、実際には主に礫を対象とし、また、岩種を十分に考慮している事例が少ない。そこで、「礫だけでなく、礫が破壊される結果新たに生産される砂粒子も対象に」、「粒子固有の壊れやすさを評価するために、粒子の岩種と粒径を揃えた上で比較する」という独自の観点から研究を行なった。

【Chapter II】砕屑物は下流方向へ運搬される過程で、破碎・摩耗により角張ったり丸みを帯びたりとその形状(円磨度)を変える。また、新たに生産されたばかりの粒子形状は角張っているため、礫から砂粒子の形状について流下方向への変化を調べることで、粒子にはたらく破碎・摩耗作用の評価が可能となる。本研究では、元の粒子が効率的に粒径を減じるか、円磨度が増加傾向か減少傾向かという点を考慮し「破碎作用」と「摩耗作用」を定義した。また、20世紀以降の粒子形状に関する研究史および研究の現状を整理した。こ

れまで曖昧であった円磨度と表面構造（粒子の輪郭をより微視的に評価）の定義を明確に示すとともに、現在でも円磨度の肉眼判定で多用されているスケッチについて、指摘されている問題点（測定者による誤差）を踏まえた専用の補助資料を提案した。定量的な評価が可能な画像解析型粒度分析装置による細かい粒子（径 0.5~4 mm）の円磨度を、肉眼で計測する粗い粒子（径 4~128 mm）の円磨度相当に換算するために、専用の補正式を算出し、本研究の円磨度分析手法を確立した。

【Chapter III】人工構造物による水流・土砂運搬への影響が小さい渡良瀬川水系（支流 2 本）で、運搬過程の砕屑物にはたらく破碎・摩耗作用および粒子の円磨度の変化に寄与する要素を検証した。破碎・摩耗の過程が異なる硬い岩種（チャート）と比較的軟らかい岩種（頁岩）に焦点をあてて野外調査および室内分析を行ない、礫～砂のチャートおよび頁岩の組成比と円磨度の下流方向への変化を調べた。その結果、砕屑物の円磨度は運搬の過程で“飽和状態”に達し、その飽和の値は岩種によって異なる可能性を示した上で、一般的に円磨されにくい細粒な粒子も最終的には円磨度の飽和状態に至る基本モデルを提唱した。また、実際には粗い粒子の中でもその水流条件によって運搬されやすいサイズの粒子から順に飽和状態に至るといふ、実際の河川条件を加味した実用モデルを考案した。加えて、砕屑物の岩種（硬度）は、運搬過程の粒子が互いに衝突する際にはたらく破碎・摩耗作用を考える上で重要であること、そして、岩種は硬度だけではなく特有の形状を呈するという面からも生産作用に影響を与える可能性があることを示した。

【Chapter IV】水流や土砂供給を抑制する大規模ダムを有する天竜川水系下流域を対象に、ダムが砕屑物の生産－運搬作用に与える影響を検証した。堤高が比較的低く、放流回数が多い、天竜川水系最下流に位置する船(ふな)明(ぎら)ダムの上・下流域において、壊れやすく丸みを帯びやすい頁岩（礫および砂）の円磨度の変化を調べた。その結果から、礫はダムを通過せず、ダム建設以前にダム下流域に堆積した礫が、現在、破碎・摩耗作用を受けて新たな砕屑粒子を生産している可能性を示した。

【Chapter V】Chapter III で円磨されにくい傾向が得られた細かい粒子（径 0.5~2 mm）の円磨度の飽和について、海浜を含めて天竜川下流～遠州灘海岸を対象に検証した。細かい粒子の円磨度も海浜では飽和状態に近づいていることを確認し、チャートおよび頁岩について具体的な飽和状態の円磨度の値を見積もった。また、頁岩の砂粒子の円磨度が一旦低下する河口付近の礫浜では、礫同士の衝突によって新たな頁岩粒子が生産されていると解釈した。

以上に示したように、本研究では、これまでに実験などを経て一般に受け入れられている砕屑物の破碎・円磨に関するいくつかの概念（粗い粒子ほど早く円磨される、河川より海浜で砂粒子の円磨が進行する、など）について、実際の水流条件や底質の粒度・岩種組成によって変化が生じ得ることを明らかにした。