

氏 名	坂本 健太郎
博士の専攻分野の名称	博士 (学術)
学位記号番号	博理工甲第 710 号
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 24 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	ダム下流の砂州上への排砂土砂の堆積が樹木の成長促進に与える影響
論文審査委員	委員長 教授 淺枝 隆 委員 教授 河村 清史 委員 准教授 川合 真紀 委員 准教授 藤野 毅

論文の内容の要旨

ダムは治水、利水面で、わが国の経済発展を支えており、日常生活ではその恩恵を受けている。その一方で、ダム下流河川ではダム建設以前よりも土砂供給量、移動量が減少し、河床低下や河口部での海岸侵食の進行、付着藻類の異常繁茂やそれに伴う魚類の生育悪化等に水域生物環境に対する影響が懸念されている。これらに加え、陸域生物環境に関連して近年、日本各地の河川では樹林化が報告されている。樹林化の問題は、河川管理面では洪水時の流下能力低下による水位上昇や流木等が、環境面では洪水による砂州の攪乱・破壊・回復によって維持されている潜在的な砂州の生態系が変化することが懸念されている。

一般に河道内の砂州の樹林化の原因は、洪水時の攪乱の規模・頻度の低下であるとされ、攪乱の規模・頻度の減少はダムにより洪水時の流量が調節されることが要因である。また、多くのダムが建設以降しばらく経過し、ダム貯水池内には土砂が堆積し、ダム機能の維持が管理上の課題となってきたダムもある。そこで、近年、ダム貯水池内に堆積した土砂を下流へ還元し、ダムによる影響を軽減や、ダム機能を維持管理することが考えられている。現在、いくつかの河川では土砂還元として、置土実験や排砂が洪水時にあわせて実施されている。

洪水時にあわせた置土の掃流や排砂といった土砂還元では通常の洪水よりも多くの土砂が流下するため、砂州の冠水部分では、植生による捕捉も加わり、通常の洪水よりも多くの土砂が堆積することとなる。堆積土砂が長期的に砂州上に残存する場合は、砂州上の植物の成長の特徴を考えれば、さらなる植生の成長・拡大、樹林化の問題が懸念される。しかも、土砂還元の実施に際し、社会経済面の側面から土砂還元効果の検証や影響に対する配慮がなされている水域に比べ、陸域の影響は知見が少ないのが現状である。樹林化に関する研究は、特に土木分野では物理環境面から考察されているものが中心であり、これだけでは説明できない現象も多い。

以上の背景から、今後の土砂還元事業を見据えた上で、砂州上で生育する樹木の成長の評価では、植生の進出・定着のメカニズムとして、水分や栄養塩の律速の程度をまず明らかにし、次に、その供給の仕組みを

明らかにし、これを踏まえて、土砂還元の実施が、上記の成長の律速要因を変化させるため樹林化が促進されるという仮説を立て、これを検証することで樹林化促進のメカニズムを明らかにする必要がある。本研究は、まず、土砂還元事業の影響は見られないが、既に樹林化している砂州で現地調査を実施し、草本類の進出、成長、樹木の成長機構を明らかにした上で、土砂還元の一例として、排砂が実施されている砂州で現地調査を行い、排砂と砂州内の樹木の成長促進の関係を実証的に考察した。

現地調査の結果、砂州の植生の進出、成長は以下の特性が明らかとなった。

砂州の土壌は栄養塩が貧弱であり、植物の成長にとっては非常に厳しい条件である。そこでの草本類の成長は、地下部の河床材料の粒径の違いによる、含水率、そしてこの含水率による栄養摂取の違いが影響する。特にツルヨシでは地下部の形態的变化により厳しい条件に適応し、砂が卓越する場所ではより成長している。これらのことから根が浅い草本は砂が多い場所ほど進出しやすいと考えられる。

砂州では草本類、木本類も成長に必要な栄養は、自身の枯死したリターや出水時に捕捉するリター等が分解された無機態の栄養塩を利用している。木本類は樹種により進出・成長するエリアがあり、冠水頻度（水面からの高さ）に依存する。冠水しやすい水際部では含水率が高いため、栄養を吸収しやすいが、地盤高の高い場所では栄養塩律速が顕著となる。とくにN律速の場合は、根粒菌による窒素固定能力を利用して、生息を維持している。なお、出水時の樹木の流出は、樹木の湛水深ではなく、根圏の洗掘深に関連があることから砂州の破壊が、樹木の流出条件となると考えられる。

一方で、排砂や置土の土砂還元の実施では、上記の成長特性に加え、以下の要因により植生の進出の機会を与え、樹林化を促進させる。

滲筋部と砂州での掃流力の違いから、相対的に比高差が増大し砂州の固定化が進む上、排砂や置土で下流に供給される土砂はダムの堆砂状況から、細粒土砂が多く、砂州に堆積した場合は草本類の進出の機会を与える。このダムに堆積している土砂には上流域から流入するリター等の有機物が含まれており、排砂、土砂還元時には、これが下流の砂州に流下するため、通常の出水以上にリターが捕捉され堆積する。これらが分解されて貧栄養の砂州に栄養を供給する。さらに細粒土砂の堆積は、含水率が高くなるため栄養の吸収もしやすくなる。砂州への栄養塩の供給はNP比を変化させ、これまで窒素固定能力がある樹種しか進出できなかった砂州に、窒素固定能力がない樹種も進出・成長できるようになる。

したがって、今後の土砂還元事業に際し、管理面では以下の配慮として、土砂還元実施時よりも多い流量でのフラッシュ放流で砂州に過度な還元土砂を蓄積させない、特に排砂の場合は、一度に排砂量を減らし、回数を複数回にして砂州に冠水しないような工夫をすることが必要となる。

論文の審査結果の要旨

ダム建設は下流河川の生態系に大きな影響を及ぼすことから、ダムに捕捉された土砂をダム堤体に排砂孔を設けて排砂を行ったり、下流河道に置土することによって下流への土砂の還元が考えられている。本論文では、こうした土砂還元の影響を主たる目的としている。結論として、ダムに捕捉された土砂の下流への還元は、通常の方法を用いた場合には、下流河道の樹林化を助長し、河原に生育する動植物の生息環境を破壊するために、むしろ悪影響を及ぼす可能性を指摘している。

本論文は、ほぼすべてが現地観測による実証的研究として行われている。

論文の内容は、大きく二つに分かれており、前編では、荒川熊谷の砂州を対象にして、砂州の物理的、化学的環境を調べることで、砂州と樹林化の関係を示し、また、洪水による樹林が流失する機構についても触れている。また、後編では、2000年より、実際に排砂ゲートが設置されたダムが建設され、毎年ダムからの排砂が行われている黒部川を対象に、ダムに捕捉された土の供給が下流に与える影響を分析したものである。

前半部の荒川熊谷砂州を対象とした研究では、以下の点についての研究を行い、その詳細を明らかにしている。

- 1) まず、砂州の土壌は栄養塩濃度が低く、植物の生長には適していないことを言及している。特に、窒素・リン比は1以下の値を示し、植物体内の値である10程度との比較から、砂州の土壌は植物の生長に関して、窒素律速であることを示している。さらに、砂州上にハリエンジュやアキグミといった窒素固定細菌と共生する樹種が優占する理由はこうしたことに依ることを示唆している。
- 2) 砂州上では、標高によって低い場所にヤナギ類、高い場所にハリエンジュなどといったように生育場所のゾーニングが生ずることを示している。さらに、根の形態や樹種ごとの物理的可塑性などの特性から、植物の戦略からも、このゾーン構造の合理性について言及している。
- 3) 砂州上で、細粒土砂の堆積場所と粗粒土砂の堆積場所の植物量を比較すると、細粒土砂の堆積した場所の植物量の方が大きくなっている。特に、多年生草本類については、細粒土砂の堆積場所に生えるものの方が地下部に比して地上部の量が大きく、より生産性の高い形態となっていること、また、これが表現的可塑性によることを示している。
- 4) 2007年9月に生じた洪水において、洪水前後の砂州上のすべての樹木配置、砂州の地形、想定される水深を解析することにより、洪水時において砂州が冠水した際の樹木の流失機構は、従来指摘されていたような、冠水や樹木にかかる抗力によって抜根、流失するのではなく、砂州の表層自体の流失にともなって、樹木も流失するという機構に依ることを示している。

黒部川においては、排砂が行われるようになった後、排砂を開始して数年のうちに砂州の大半が樹林化したことが示されている。この原因について、以下の点を明らかにしている。

- 1) ダム湖内においては、ダム堤体周辺においては細粒土砂のみが堆積しており、また、こうした土砂には大量の有機物分が含まれており、さらに、それにとりこまれている栄養塩が蓄積されている。ダムから

の排砂に伴って、こうした土砂が大量に下流へ放流される。これが、排砂とともに下流の砂州上の表面に堆積することから、本来貧栄養な砂州を富栄養化し、植物の侵入を容易にしたことを示している。

2) 黒部川の砂州では元々窒素固定細菌と共生するアキグミが優占していたが、近年、ヤナギ類に遷移している。この原因を、ダムからの排砂によって、窒素分が補給されることから、砂州の栄養塩環境が改善されることで生じていることを明らかにしている。

最後に、以上のように得られた知見を基に、樹林化を緩和させる方法として、砂州上を掘削して掘り込みを入れる方法、低水路部分に土砂を堆積させるような運用を行う方法の二つを提案している。

論文の構成は、第1章で「はじめに」で過去の研究のレビューを行った後、第2章「砂州内の植生進出・生長のメカニズムの解明」で主に荒川の事例を用いて、樹林化の特性および機構について論じ、第3章「他河川との比較による樹林化メカニズムの一般化」で主に黒部川の排砂による影響の評価について論じ、最後に「今後の河川管理に資する樹林化対策の提案」で、本研究より導かれる樹林化軽減対策を論じている。

以上、わが国のダムの影響緩和対策として、排砂が最も重要な課題として検討されている。こうした背景のもと、排砂自体がもたらす問題を提示していることは社会的にも極めて影響の多い内容となっている。