

京都大学大学院工学研究科  
 京都大学防災研究所  
 京都大学防災研究所  
 京都大学防災研究所

○泉 公祐  
 角 哲也  
 竹門 康弘  
 兵藤 誠

## 1. はじめに

天竜川水系のダム群では、脆弱な地質により上流から多量の土砂供給があるため、堆砂が進行している。堆砂は、ダムの貯水容量を低下させ、下流の河床低下など下流河川環境にも様々な影響を及ぼす。天竜川はアユの名産地であるが、近年漁獲量は減少傾向にあり、河川環境の改善が望まれている。また、ダム貯水池内に堆積した土砂を下流に還元する手法として、近年各地で様々な規模で置き土が実施されつつある。ただし置き土量が限られるため、その効果は明らかになっていない点が多い。そこで本研究では、アユを河川環境の指標とし、天竜川の河川環境の現状を分析し、さらに置き土による河川環境の改善の検討を行った。

## 2. アユの産卵床と置き土に関する既往知見

好適なアユの産卵床条件には、流速・水深・水温・水質条件に加えて、浅瀬で2~5cmの粒径の礫が浮き石状に軟らかく堆積した状態が必要であるとされている。天竜川においては、このような産卵適地が、砂州下流部に形成されやすいことや、溶存酸素濃度が高い瀬頭で有利となることが知られている(角ほか, 2011)。さらに、河床軟度の高い瀬は、4000 m<sup>3</sup>/s 程度の中規模以上の洪水で形成され、2000 m<sup>3</sup>/s 程度の小規模洪水では固化すると予測されている(兵藤ほか, 2014)。

置き土による河床環境の改善事業は、既に一部の河川で試験的に実施されているが、広域の河床地形に影響するほどの土砂量を置いた事例はまだ少ないため、下流河川環境改善のための適切な置き土量や置き土位置についての知見は不足しているのが現状である。一方、各地の河川で漁業協同組合等がアユ産卵床の造成事業として、河床耕耘や置き土の対策を実施しているが、産卵期の直前に産卵場となる場所に直接置き土する方法に限られており、一度増水すると流されて効果が持続しない課題がある(兵藤ほか, 2014)。

## 3. 研究方法

本研究は、天竜川 15~17km 地点を調査地に設定し、現地調査と2次元河床変動計算による河床地形と河床環境条件の分析を行った。現地調査では、シノと長谷川式貫入試験機による河床軟度の測定、表層水と間隙水の水質調査、河床材料の粒度分析を行った。また、天竜川河道内の鉄塔に河床から約60mの高さに設置したインターバルカメラで1時間毎に撮影した写真を用いて、洪水前後の地形変化の履歴を分析した。

CCHE2Dによる2次元河床変動計算によって、2013年2~12月の間に発生した、860 m<sup>3</sup>/s、500 m<sup>3</sup>/s、4,900 m<sup>3</sup>/s、2,100 m<sup>3</sup>/sの4度の500 m<sup>3</sup>/sを超える洪水それぞれによる地形変化を比較した。また、瀬を好適化するための置き土条件を検討した。アユの産卵に好適な横断形の瀬を対象として、その上流側砂州上の上・中・下流部に置き土をし、2,100 m<sup>3</sup>/s、4,900 m<sup>3</sup>/s、6,000 m<sup>3</sup>/sの流量を与えて計算を行った。また、置き土部分は移動床、その他は固定床として計算を行った。

## 4. 現地調査結果

現地調査において、2ヶ所でアユの産卵床を発見した。これらの地点は共に、湧水の湧出するたまりから流路に接続される流水環境で、洪水時に副流路となる地点であった(図-2)。

さらに、産卵床発見地点の直上流には、高さ約1.5

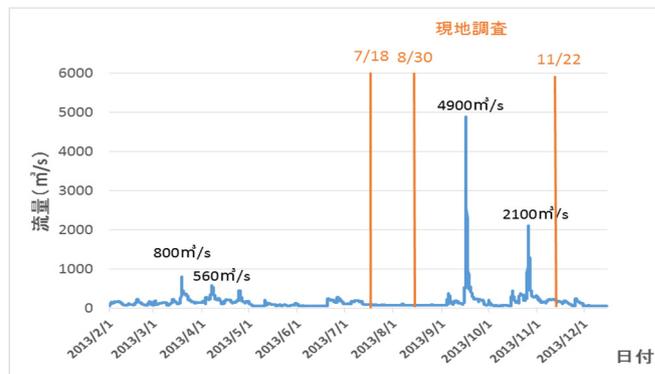


図-1 調査地の流況(鹿島地点)



図-2 アユの産卵床の発見地点



図-3 砂礫帯のフロント

mの砂礫堆のフロントが形成されていた(図-3)。この砂礫堆のフロントにより、流路の水が堰きあげられ動水勾配を生じ、伏流水が湧出する環境が作られたと推察される。また、このような環境は、インターバル写真から、4,900 m<sup>3</sup>/sの洪水により形成されたことがわかった。

主流路の瀬と副流路の瀬とでは河床環境条件が大きく異なっていた。主流路の瀬では、D<sub>50</sub>は10mg/L以上あったが、河床軟度は10cm未満と小さく、アユの産卵床には不適であった。一方、副流路の瀬では、D<sub>50</sub>は8mg/L以上、河床軟度10cm以上、河床材料5cm以下が多く、いずれもアユの産卵に適した環境であった。

### 5. 河床変動計算結果

2013年に発生した4つの洪水による地形変化を数値計算で再現した結果、6,000 m<sup>3</sup>/sでは主流路や砂州地形自体が更新されるのに対して、4,900 m<sup>3</sup>/sの洪水のときに、現地調査でアユの産卵床が発見されたような砂州下流部への土砂堆積を生じることがわかった。

置き土の河床変動計算の結果、2,100 m<sup>3</sup>/sでは、置き土はほとんど流出しなかった。また、6,000 m<sup>3</sup>/sでは、置き土は流出するものの、上流河道からの土砂供給により地形変化が起こるため、置き土自体の効果は小さいと考えられた。また、4,900 m<sup>3</sup>/sの洪水では、置き土の位置が砂州下流部の場合には掃流力が低いため置き土の流出率は小さく、砂州上流部の場合には瀬への土砂堆積量が小さかった(図-4)。さらに、アユの

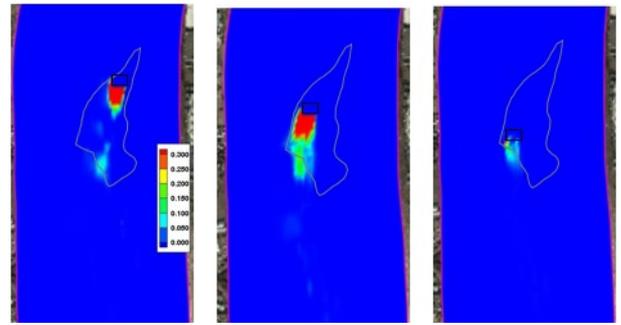


図-4 置き土の流出の様子 (4900 m<sup>3</sup>/s)

産卵に適した2~5cm粒径の土砂割合は、中流部に置き土をした際に最も高かった。以上の結果から、置き土を行う場合は年1回生起確率の3,000~5,000 m<sup>3</sup>/s規模の洪水を対象に場所や量を選択して実施することが有効であると考えられる。また、置き土の流出率と瀬での土砂の堆積量の面から、対象とする瀬の上流にある砂州の中流部に置き土をするのが望ましいことがわかった。

なお、置き土の流出率と置き土に発生する無次元掃流力の関係では、無次元掃流力が0.04を超えると流出量が大きくなることが確認され、面的な掃流力分布を数値計算によって予め求めておくことにより、洪水規模ごとの置き土の流出状況を予測し、効果的な置き土計画を立案することができると考えられる。

### 6. 結論

現状の天竜川では、年1回確率の洪水で瀬に土砂が供給されても、2,000 m<sup>3</sup>/s程度の増水によって河床が硬化し、アユの産卵床として不適になることがわかった。一方、実際に産卵が確認された砂州下流部にある副流路の瀬は、河床軟度、D<sub>50</sub>、河床材粒度のいずれについても、アユの産卵に適していた。洪水時の置き土の移動量を2次元河床変動計算により検討した結果、横断型の瀬の環境改善策として、瀬の上流側の砂州の中流部に置き土をすれば、瀬への土砂供給が最大化することがわかった。今後、無次元掃流力を面的に評価することにより、効果的な置き土地点の選定ができると考えられる。

### 参考文献

鈴木崇正・角 哲也・竹門康弘・中島佳奈(2011) 土砂供給に伴うアユ産卵環境の変化予測. 京都大学防災研究所年報, 54B: 711-718.  
 兵藤誠・竹門康弘・角哲也・栗津陽介・鄧朝暉(2014). 洪水による地形の浸食堆積・硬化軟化プロセスが河川生息場の変動履歴に及ぼす影響, 土木学会水工学論文集, 第58巻2月.