

京都大学工学部
京都大学防災研究所
京都大学防災研究所
いであ株式会社

学生員 ○栗津 陽介
正会員 角 哲也
正会員 竹門 康弘
正会員 兵藤 誠

1. はじめに

現在、天竜川では「ダム再編事業」が行われており、佐久間ダムに治水機能を付加するとともに、水系の土砂移動の連続性を確保して、河川環境の改善および海岸線後退の抑制を目的とする排砂バイパス事業が計画されている。しかし、現状では佐久間ダムの貯水機能維持が主な目的となっており、ダム下流の河川環境の改善目標は必ずしも明確ではない。一方、天竜川ではダムによる濁水長期化、土砂供給や洪水攪乱の不足によるアユの産卵床の劣化が顕著である。本研究では、規模の異なる複数の洪水を対象に連続カメラ撮影、現地調査および河床変動解析により河床地形を分析し、アユの産卵にとって好適な河床環境の形成過程、特に産卵床にとって重要な軟らかい河床が形成される流量条件を検討した。

2. 調査地と研究手法

天竜川の河口から 15.4-17.4 km の約 2 km の区間を調査地とした。また河口から 16.3 km 地点の河道内にある中部電力(株)の鉄塔に設置したカメラにより、上下流の河道を 1 時間間隔で連続撮影した。変化履歴を追跡するハビタットとして、撮影範囲内の瀬・ワンド・たまりを複数選定した(図 1)。

写真分析では、2011 年 12 月の航空写真に対して、2012 年 8 月までの間の 2,200~3,700 m³/s の中規模洪水、さらに 8~11 月に実施したインターバル写真を用いて、その間の 500~800 m³/s の 2 回の小規模洪水による地形変化を、それぞれ検討した。

現地調査では、9・10・11 月の 3 回にわたって河床軟度、粒度分布、水深・流速、水質、測量を行った。

河床変動計算では、二次元河床変動計算 CCHE2D を用いて河口から 13-19 km を対象に計算を行い、大・中・小規模洪水による地形変化の違いを比較した。

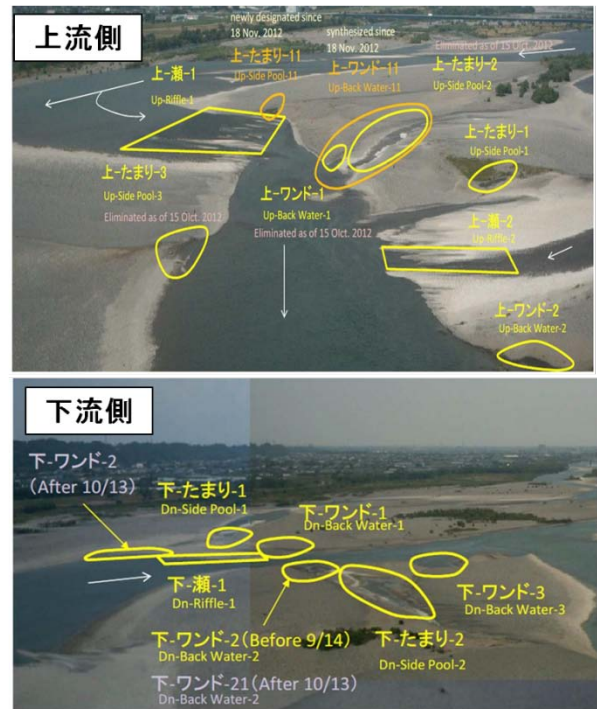


図 1 各ハビタット配置図

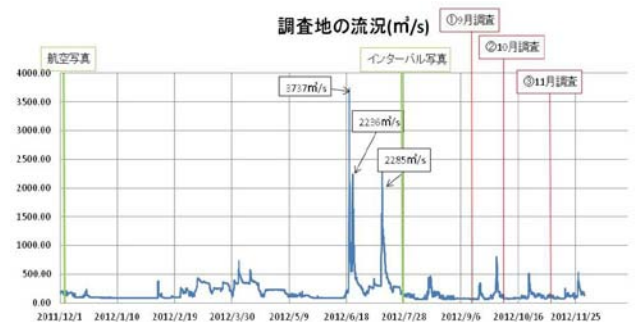


図 2 調査地の流況(鹿島地点)

3. 現地調査結果

・中規模洪水による地形変化

2011 年 12 月の航空写真と 2012 年 8 月のインターバル写真を比較すると、河道の内岸側に位置する砂州は下流に延び、外岸側は浸食を受けていたことがわかる。つまり、2,200~3,700 m³/s の中規模洪水時には瀬の上流側に新しい土砂が供給され、瀬の更新が

起きたことがわかった。

一方、アユの産卵にとっては、砂州の下流側に位置する瀬で、瀬の上流側の河床が軟らかい場所がふさわしいことがわかっている¹⁾。このような環境が中規模洪水後に形成されていたと考えられる。

・小規模洪水による地形変化

調査地では、2012 年 9 - 10 月の間に約 800 m³/s、10 - 11 月の間に約 500 m³/s の小規模洪水が起きた。上-瀬-2 の河床軟度に着目すると、9 - 10 月にかけて瀬上流部の土砂が瀬下流部に移動し、10 - 11 月にかけて瀬全体が固くなっていた。下-瀬-1 に着目すると、9 月には瀬上流部が軟らかく瀬下流部が固かったが、11 月にはその傾向が上下流で逆転した。これより、小規模洪水は瀬の内部で土砂移動をもたらし、むしろ産卵床を劣化させることが明らかとなった。

4.河床変動計算

本研究では、表 1 の条件で CCHE2D を用いて、平面 2 次元河床変動計算を行った。与えた洪水波形は、6,000 m³/s の大規模（1/2.5 年確率程度）、2,000 m³/s の中規模（1/1 年確率程度）、800 m³/s の小規模（5/1 年確率程度）の 3 つの規模である。

表 1 計算条件

計算区間		13～19km
初期河床条件		2004年2月の測量データを利用
初期河床材料		2007年調査の粒度分布データを利用
メッシュ	縦断方向	20m
	横断方向(高水敷)	15～25m
	横断方向(低水敷)	10m
乱流モデル		混合距離モデル
計算時間間隔		30s
上流端条件	流量	2004年2-11月のデータから500m ³ /s以上 浮遊砂(LQ式)
	土砂量	
下流端条件	水位	一次元不定流計算の結果

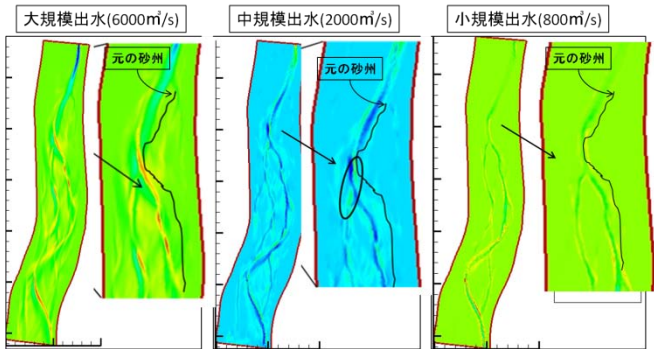


図 3 洪水規模ごとの河床変動量の差分

図 3 に計算結果を示すが、上-瀬-1 に当たる部分で大規模・中規模洪水時にみられた流路内への土砂堆積が、小規模ではほとんどみられず、むしろ流路

内の浸食が卓越していることがわかった。

・掃流力による土砂供給判定

計算結果から河道内の無次元掃流力を計算し、河床砂礫の移動条件である $\tau_* > 0.05$ を基に、砂州から流路内への土砂供給が起こる流量の判定を行った。

約 1,000 m³/s を超える頃から上-瀬-1 の左岸側の砂州が冠水し始めることがわかっており、1,500 m³/s、2,200 m³/s、6,000 m³/s の 3 つの規模の洪水を対象に、上-瀬-1 の左岸側砂州の上・中・下流の 3 点に働く無次元掃流力を算出した。表 2 に結果を示すが、河床砂礫の移動条件である $\tau_* > 0.05$ を満たすのは 6,000 m³/s のときのみであることがわかった。なお、計算では 2,000 m³/s の中規模洪水でも流路内への土砂堆積が一部見られており、流路内の流れの増大により、上流流路の河岸浸食の影響などによって土砂供給が行われた可能性がある。

表 2 各流量における砂州上の無次元掃流力

流量[m ³ /s]	砂州	水深[m]	河床勾配	代表粒径(d60)[m]	無次元掃流力
1500	上流部	0.5	1/641	0.04	0.012
	中流部	0			0
	下流部	0.5			0.012
2200	上流部	0.5			0.012
	中流部	0			0
	下流部	1			0.024
6000	上流部	4			0.095
	中流部	2.5			0.059
	下流部	1			0.024

5.まとめ

インターバルカメラによるモニタリングと現地調査により、大・中・小規模洪水による地形変化と瀬内の河床軟度や河床材料などの変化を追跡した。その結果、以下のようなことがわかった。

- 1) 小規模洪水によって瀬の中の河床が移動し、瀬内が固化することを定量的に示せた。
- 2) 中規模洪水によって瀬に土砂が供給され、アユにとって好適な産卵床が形成されることがわかった。
- 3) 小規模洪水が続くと、瀬の浸食により固化する結果、アユの産卵床としては劣化すると考えられる。
- 4) 平面 2 次元河床変動計算により、砂州の前進と瀬に対する土砂供給が再現できた。また、アユの産卵床の観点からは、大規模洪水による新しい瀬の形成と、中規模洪水による瀬への土砂供給の両者の組み合わせが重要である。

参考文献

1) 角 哲也, 中島佳奈, 竹門康弘, 鈴木崇正: アユの産卵に適した河床形態に関する研究, 京都大学防災研究所年報, 54B, 719-725, 2011.