

京都大学工学研究科 学生員 ○内藤 淳也
 京都大学防災研究所 正会員 角 哲也
 京都大学防災研究所 正会員 竹門 康弘

1. はじめに

地球温暖化により 21 世紀末には気温が 1.8-4.0℃上昇すると予測されている。河川においては気温の上昇に伴う水温上昇が問題視され、予測研究が行われてきた。生物の中でも魚類は温度変化に対して敏感で、特にサケ科の魚類などの冷水性魚類の生息環境への影響が懸念されている。

そこで本研究では、今後も従来の冷水性淡水魚類に適した河川水温環境を維持していくための二つの水温管理手法に着目した。

まずは発電放流水による管理である。ダム貯水池では夏場は成層化が進み、取水する層の高さによって水温は異なる。通常は、稲作やアユの生育環境の観点から冷水放流が問題となるが、逆に温暖化対策として夏場に適当な冷水が放流されれば河川水温の上昇を抑制することができる。

次に、河川地形が河川水温に対して与える効果である。河道内の淵の形成・維持は、水温の低い水塊の保持に効果的であり、さらに河岸からの湧水の流入が冷水環境形成に与える影響は大きい。

2. 研究手法

図1に示す九頭竜川を対象とした。九頭竜川では冷水性魚類であるサクラマスが生息している。市荒川発電所からは上流の下荒井ダムから取水された水温の低い発電放流水が合流しており、夏季の本川水温を下りさせる効果が期待される。しかし鳴鹿大堰までの流下区間では、日射を受けて再び水温は上昇していく。鳴鹿大堰の湛水区間を経て、その下流の福松大橋地点では右岸側に淵が形成されるとともに、河岸からの湧水流入が確認されており上下流と比べ低い水温環境が形成されている。

九頭竜川の水温環境について小型メモリー式水温計 (StowAway Tidbit Optic StowAway, 30 分間隔、

温度精度±0.2℃) を用いて長期連続観測を行った (図2)。7-8 月にかけて水温が上昇したが、地点1 (合流後) では他地点よりも水温は低く、また、出水時には全地点で一時的に水温が低下していた。さらに、河川の熱収支を考慮した流下方向の1次元、また、淵部分を抽出した鉛直2次元の水温予測モデルを用いて観測データの再現を行うとともに、温暖化などの条件変化に伴う水温影響予測を行った。加えて、水温が上昇したと仮定した際のサクラマスが生息可能な水温環境を維持するためのダム放流や河川地形管理方策について考察した。



図1 調査地点 (九頭竜川)

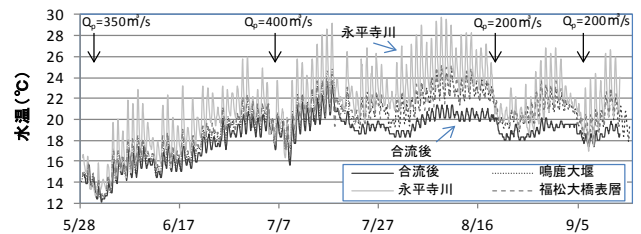


図2 水温データロガーの観測値

3. 1次元モデルを用いた河川水温予測

市荒川発電所の放流水が合流してから鳴鹿大堰までの区間の水温を1次元モデルで予測計算した。上流端境界条件の水温は回帰式や観測値、流量比を用いて図3 (合流後) のように与えた。

図4に水温予測結果を示す。現在のような水力発電所の運用が行われた場合には、気温が上昇してもサクラマスが生息可能な閾値と考えられる 24℃を超えるリスクは大きくないと予測された。一方、水力発電運用がない場合には、4km 流下すると気温

上昇に伴って合流後に水温が 24℃を超える。仮に発電取水量が減少したと仮定すれば、気温が 4℃上昇した場合に鳴鹿大堰よりも上流で水温が 24℃を超えると予測された。

4. 鉛直2次元モデルを用いた淵内部の水温予測

淵の水深を変えて水温を予測した結果、水深 3m の場合には、平水時の淵内部の表層と底層の温度差は小さく混合しているが、水深 5m の場合には水温差が約 2℃あり、底部は日射の影響を受けず低温で保持されると予測された(図5)。また、現地の地下水観測値から得られた 12℃の湧水を淵に流入させた場合、流入標高以深で水温が低下し、流入する標高の違いによって低水温層の水の容量や低温に保持される水温が異なることが予測された(図6)。

5. 考察

九頭竜川において水力発電による放流水の影響は大きく、現状と同等な発電放流水が維持された場合は温暖化による気温上昇の影響は限定され、サクラマス^①の生息環境は維持されると考えられた。

井上ら(2010)によるとおおむね 1.5m以上の淵でサクラマスの生息が確認されている。計算結果では、水深 3m の淵では下層の水温は低下しておらず、水深 5m で低水温が維持されることが明らかとなった。さらに、湧水の流入が淵内の低水温構造に効果的であることも確認された。

サクラマスの越夏環境を考慮すれば、流水性の淵よりも、河道内の砂州尻ワンドのような滞留性の淵では湧水の効果が大きく働くと考えられ、平面2次元的な河道地形の効果を評価した上で河川地形管理に生かすことが今後の課題である。

参考文献

井上創ら：神通川におけるサクラマスの越夏場所の特性について、応用生態工学会研究発表会公演集, 2010

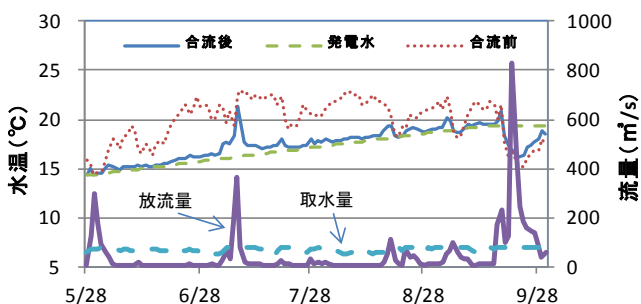


図3 合流前後の水温と取水量・放流量

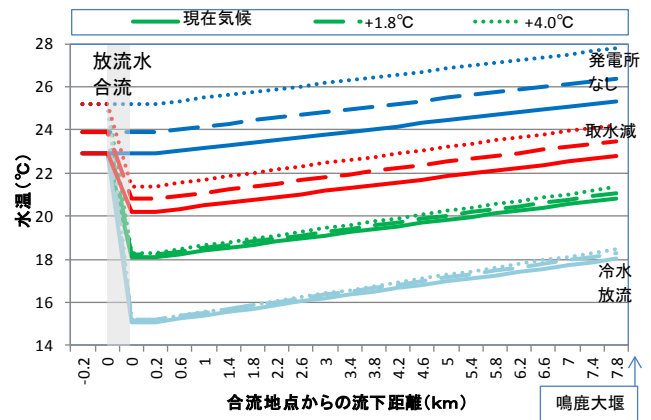


図4 流下に伴う水温変化

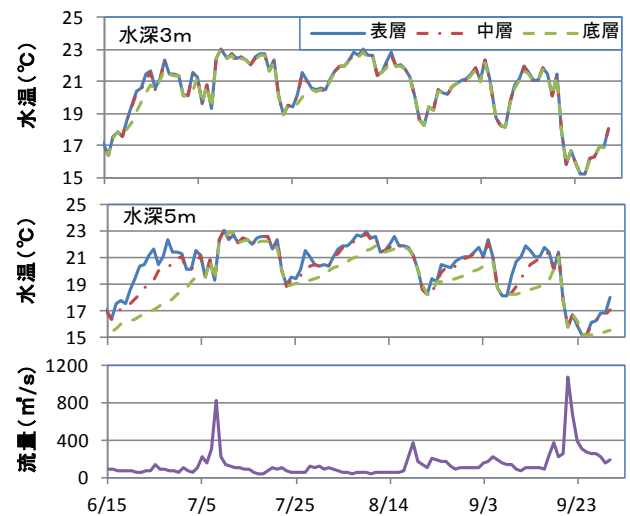


図5 淵の水温予測結果と流量

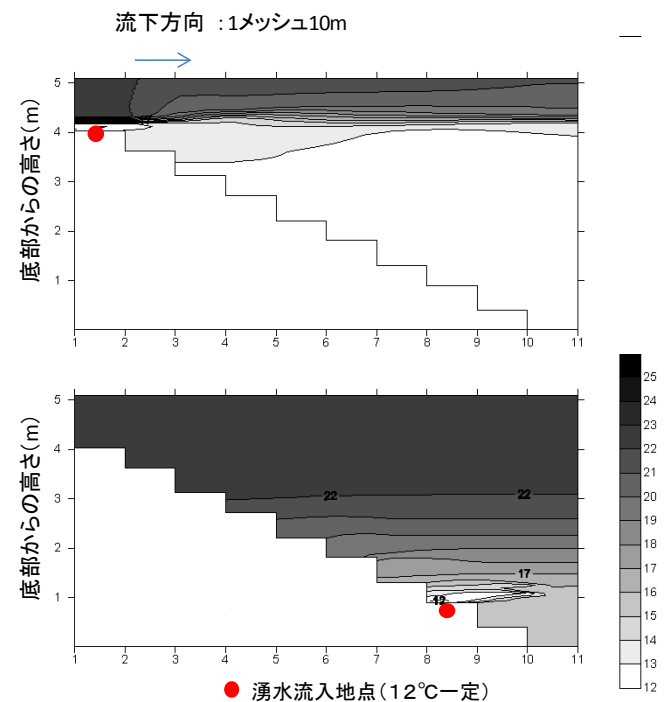


図6 湧水発生時の水温分布