

水温変動に対する河川底生生物のストレス応答

電力中央研究所 環境科学研究所 正会員 ○鈴木 準平
 正会員 今村 正裕
 非会員 中野 大助
 正会員 山本 亮介
 正会員 松梨 史郎

1. はじめに

近年、ダム下流河川の環境保全のため維持流量の増加や、湖内土砂の下流への還元試験といったダム運用方法の変更事例が増えつつある。ダム運用の変更の際には、河川環境への影響を適切に評価する必要があり、魚類やその餌となる底生生物への影響評価が重要な課題となっている。従来は、生物個体数の変化を指標として評価する方法が多かったが、生物影響評価として個体数の評価だけでは十分とは言い難い。また調査には多大な労力とコストを要することから、新しい評価技術が求められている。著者らは、現地で採集した底生生物が体内に保有するバイオマーカーの一つである抗酸化力（以下、TOSC: Total Oxy-radical Scavenging Capacity）が、底生生物の受けたストレスの検出に有効である可能性を見出した¹⁾。今後、影響の予測や評価に活用するためには、環境変動に対する TOSC の応答特性を明らかにする必要がある。本研究では、環境変動の一つとして水温変動に対する TOSC の応答特性を明らかにすることを目的とし室内実験により検討した。

2. 底生生物の採集地点と実験方法

底生生物は、日本全国の河川に広く分布し肉食性魚類の餌として価値の高いヒゲナガカワトビケラ（以下、トビケラ）を対象とした²⁾。トビケラの採集地点は、長野県上田市中部を流れる千曲川の鼠橋付近で採集した。採集は2011年2月と6月に行った。各採集日の水温、pH、電気伝導度（EC）、溶存酸素濃度（DO）を表1に示した。

実験に使用した水槽は、上部をトビケラの飼育用とし、下部を水温調整用とした（図1）。水道水は、数日間水槽内を循環させ十分に塩素を除去したものを使用した。採集したトビケラは、現地に近い水温（2月：10℃，6月：25℃）で4日間馴致した。馴致の後、トビケラを10℃，15℃，20℃，25℃の各水槽に振り分け実験を開始した。実験開始4日目にそれぞれの水槽から生物個体を取り出し、下記のTOSCの分析に供すまで-80℃で保存した。

トビケラの頭幅と湿重量を測定した後、頭部および尾部、腸管を取り除いた。残った胴体部分を20 mM-Triss + 5 mM-HCl 溶液にてホモジナイズと遠心分離によってタンパクを抽出し、Lowry法に従って濃度を測定した³⁾。10 mL バイアルに抽出したタンパク 50 μg と基質、ラジカル物質を添加した後、20 min ごと 60 min まで気相をサンプリングし FID つきガスクロマトグラフィにてエチレンを分析した。このとき、タンパクを添加しないコントロールの系も設けた。TOSC は、コントロールとタンパクの入ったバイアル内のエチレン濃度の積分値をそれぞれ Ac, As とし、式(1)によって算出した。例えば、TOSC が 0 のときは、生物が抗酸化物質を保持していなかったことを示す。

$$\text{TOSC} = 100 - (\text{As} / \text{Ac}) \times 100 \quad \text{式 (1)}$$

キーワード 抗酸化力 (TOSC), ヒゲナガカワトビケラ, 水温, 河川環境

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 電力中央研究所 TEL 04-7182-1181

表1 各採集日の水質

2011年	2月4日	6月30日
水温 (°C)	4.0	21.6
pH	9.79	9.31
EC (μS/cm)	196	188
DO (mg/L)	10.5	6.9

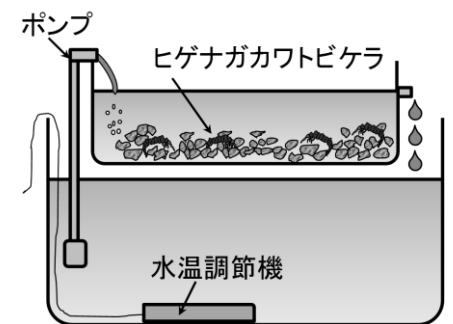


図1 実験水槽

3. 結果と考察

(1) 生残率の変化

生残率は水温変動に対し増減する傾向を示した(図2, 図3). 2月のトビケラを用いた水温上昇実験では, 15°C上昇においても生残率が80%以上であった. 一方, 6月のトビケラを用いた水温低下実験は, 10°Cの水温低下時に生残率が100%と最も高かった. よって, 水温上昇や10°C以上の水温低下は, トビケラの生命活動に影響を及ぼすと考えられる.

一方, 6月の水温低下がない系(水温25°C)の生残率は, 43%と低かった. 上田のアメダスデータを見ると2月の採集日の前20日間合計雨量が0.0mmであったのに対し, 6月では59.5mmであった. つまり, 6月のトビケラは, 採集した時点で既に出水によるストレスを受けていたことが生残率に影響したことが考えられる.

(2) 水温変動に対するTOSCの応答

図4, 図5は, 実験後のTOSCを実験開始前のTOSC(TOSC_R)で除することで, 水温変動によってTOSCがどの程度変化したかを表した. TOSCは, 水温上昇にともない増加する傾向を示したが, 15°Cの水温上昇において低下した(図4). これは, 水温上昇によってTOSCが上昇するものの, 閾値を超えると抗酸化物質の生産量が不足し, TOSCが低下するものと考えられる.

一方, 水温10°C低下時には, TOSCが低下した(図5). 水温10°C低下時の生残率が高かったことから, 10°Cの水温低下によって, トビケラの生存に適した水温になったことが推察される. つまり, 10°Cの水温低下によってストレスが減少したことで, 環境負荷のない状況においてトビケラが保有する抗酸化物質の量の範囲まで低下し, その結果TOSCが低下したと考えられる.

4. まとめ

千曲川から採集したトビケラを用いて, 室内実験にて水温変動を与えたところ, TOSCは水温変動に応じて変動した. このことから, TOSCは水温変動の影響を検知するツールとして適用できる可能性が示された. しかしながら現地のサンプルでは, 出水等の影響があると考えられるため, 今後は, 現地のトビケラだけでなく室内で飼育したトビケラを用いて同様の実験を実施し, データを蓄積する.

参考文献

- 1) 今村ら (2010) 土木学会第65回年次学術講演会講演概要集. pp.53-54.
- 2) 西村 (1965) 兵庫生物. 5, pp.33-34.
- 3) Lowry, O. H., et al. (1951) J. Biol. Chem. 193, pp.265-275.

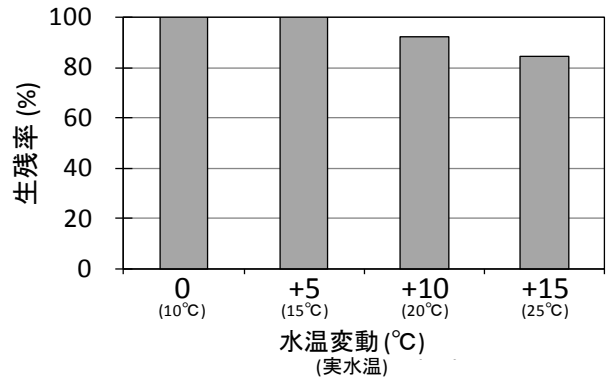


図2 各水温における生残率(水温上昇)

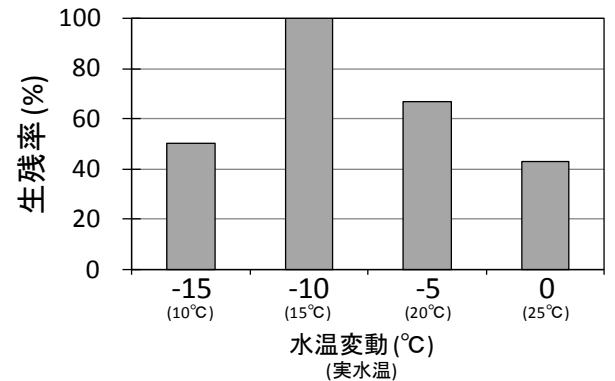


図3 各水温における生残率(水温低下)

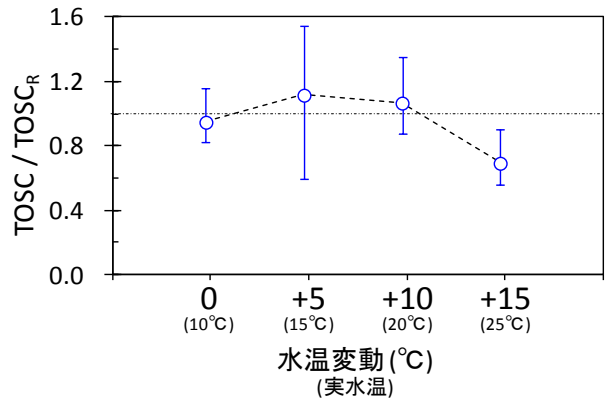


図4 水温上昇に対するTOSCの応答

(プロットは平均値, バーは最大値と最小値を示す.)

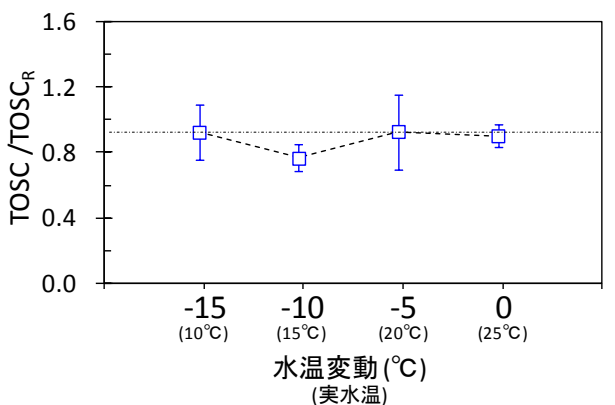


図5 水温低下に対するTOSCの応答