

砂防ダムを想定した落差の水温変化に関する研究

大同大学 正会員 ○鷲見 哲也
大同大学 非会員 水野 貴視

1. 背景と目的

地球温暖化による水温上昇は、冷水性の魚類の生息場を狭めることが危惧されており、北海道では気温とオシロコマの分布の関係では、1990年初頭比で気温が2度上昇すると、知床半島のオシロコマはほぼ絶滅すると予測されている。¹⁾

知床半島内の多くの河川では、地形的な特徴から、沿岸付近の河床勾配が急で、林道や沿岸の主要道を守るために砂防ダム堰堤が多数設置され、満砂し階段状の縦断形を作っている。堰堤上流は浅く幅広の流れができ、落差を滝状に落ち、洗掘プールから幅広の流れへ、と繰り返すため、夏場の日中ピーク時の影響が高まるのではないかと、との仮説の下、著者は2つの調査を行っている。一つは現地において堰堤上流での日射と気温の水温への影響であり、もう一つは落差部での温度変化であるが、本研究は後者である。

わずかな時間で落ちる水の温度変化は微小であると考えられるが砂防ダム群の一連の水温影響の一部を構成するため、理論との対比を行うための屋外実験を行った。

2. 実験装置と方法

実験装置の概略は図-1のとおりである。高落差のある砂防ダムのように水を滝落ちさせるために、高さ6mの位置に越流部(a点)を置き、ポンプを使いタンクから水を流し込み溢れさせた。越流部は15cm前後の塩ビパイプを使用して全周の1/4を切り取り、幅1cmの薄板の水平な張出しを設けて越流させた。自由落下運動を仮定した落下時間は1.1秒である。表-1のように水路幅を50, 100, 150cmと変え、流量を0.3, 0.8, 1.6L/sに変化させた。発泡スチロール板上に落とし、b, c点として水温観測点とした。a, b, c点の水温 T_a , T_b , T_c を熱電対ケーブルを設置して時系列モニタを行い、安定した時間帯の水温を記録した。落下後水温(T_b, T_c)の平均値から落下前水温 T_a を引いた水温差 ΔT を水温変化量として捉えた。表-2のように、影響を与える気象条件については、日射・風速についても計測したが機器の不調により、気温・湿度による整理のみを行った。各ケースでの気温と湿度は各ケースの実験の前後の計測を行いその平均値を取った。

3. 実験結果と考察

実験日とその主な気象条件は表-3のとおりで、気温は17.7~35.6℃であり、湿度は28.9~79.3%であった。気温が高く乾燥した日は9月28日であり、11月9日が最も湿度の高い日であった。

落下の様子であるが、膜状に落下するのは1m前後までがほとん

表-1 ケース名と条件決定

水路幅 [cm]	流量[L/s]		
	0.5	1.0	1.5
50	C1-1	C1-2	C1-3
100	C2-1	C2-1	C2-3
150	C3-1	C3-2	C3-3

表-2 計測項目と気象条件

計測項目	気象条件
水温(落下前) T_a [°C]	(天候)
水温(落下後) T_b, T_c [°C]	気温 T_0 [°C]
☆ 流量 Q [L/s]	湿度 RH [%]
☆ 越流水深 h [cm]	(日射)
☆ 水路幅 B [cm]	(風速)

(☆は変化させる条件)

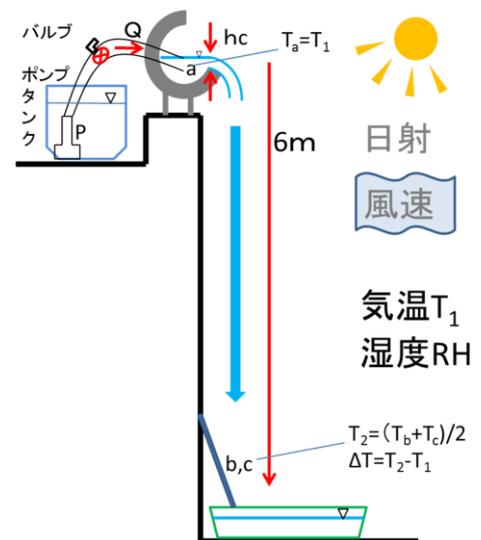


図-1 実験図

表-3 実験時間帯の平均値

日付	天候	気温[°C]	湿度[%]
7月27日	晴れ	34.0	55.5
7月29日	晴れ	35.6	48.2
9月04日	晴れ	29.6	44.0
9月15日	曇り	28.6	40.6
9月28日	晴れ	29.6	28.9
10月05日	曇り	23.3	37.6
10月19日	晴れ	24.4	42.1
11月09日	曇り	20.2	79.3
11月16日	曇り	20.2	47.7
11月23日	曇り	17.7	63.6

どであり、着地時にはすべてが粒状に至っていた。

水温差を縦軸に、横軸と凡例に種々の影響要素を置いた結果を示す。図-2 は、水温に対する気温の差である相対気温 T_0-T_1 を横軸とし、凡例を限界水深別に分けて示したものである。ここで水温 T_1 は落下前の水温 T_a を採用している。図-3 は湿度を横軸として着目した図である。

ほとんどのケースでは気温が水温よりも高いにも関わらず、落下前後で水温は低下した。相対気温が 8°C を超えないと水温は上がりづらく、湿度が低いほど水温は下がりやすい結果がみられた。限界水深の変化（単位幅流量）は、水温変化へほとんど影響しなかった。

図-4 では、相対気温別にみると飽差の値が大きいと水温が下がりやすい結果がみられた。その上で、相対気温が高い程、上の方にプロットが上がる傾向がある。潜熱（蒸発の気化熱による冷却効果）による水から空気中への熱量輸送は、飽差 10hPa で水温が 1°C の割合で低下させ、また、顕熱（伝熱による加熱効果）が空気中から水への熱量の輸送は、相対気温の $1/3$ 倍ほど上昇させる事が見てとれる。水表面での蒸発速度は風速（この場合は落下速度）と飽差の積に比例する²⁾ことから、ここでは潜熱輸送を飽差に比例させ、顕熱も相対気温に比例させた式に誤差最小で回帰させると、次式を得た。

$$\Delta T = 0.272(T_0 - T_1) - 0.084(e_s - e) \quad (1)$$

再現される水温差と実測値を比較すると図-5 のようになった。全体として説明できるものの、 0.5 度前後までは誤差がある状況である。潜熱の飽差に対する傾き 0.084 について理論的に検討したところ、半径 1mm の粒が速度 5m/s で 1.1 秒の間で蒸発する場合の 3.3 倍であることがわかり、オーダーでは合うものの引き続き検討が必要である。

4. まとめと課題

暑い条件に注目すると、落下時間が 1.1 秒と短いものの、気温の顕熱の温度上昇に比べ、蒸発の潜熱による冷却効果が大きいことがわかり、砂防ダムによる温熱化を緩和する効果があることがわかった。しかし単位幅流量が大きくなり落差が 4m を下回るとその効果は小さくなるものと考えられる。今後は、堰堤上流部の影響評価とも併せ、砂防ダム群の温熱化効果全体の評価を行いたい。

参考文献

- 1) 北海道森林管理局：平成 25 年度 知床半島におけるオンヨロコマ生息等調査事業 報告書，2014。
- 2) たとえば上田政文：湿度と蒸発－基礎から計測技術まで，2000。

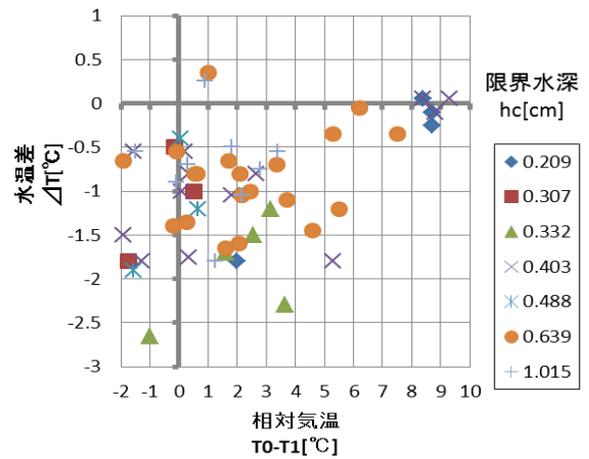


図-2 限界水深別 水温差と相対気温

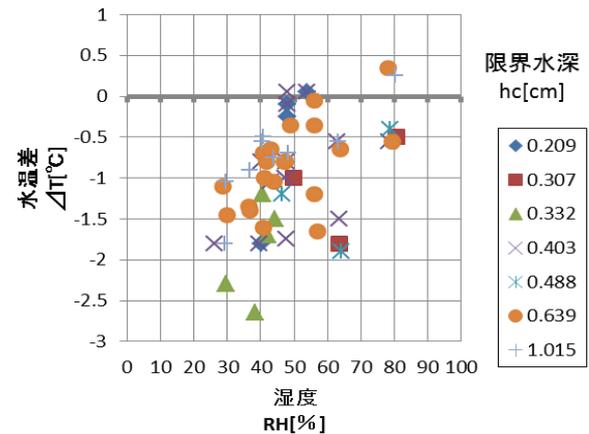


図-3 限界水深別 水温差と湿度

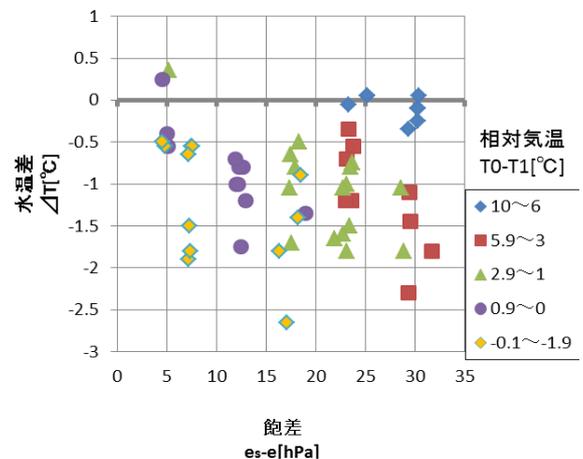


図-4 相対気温別 水温差と飽差

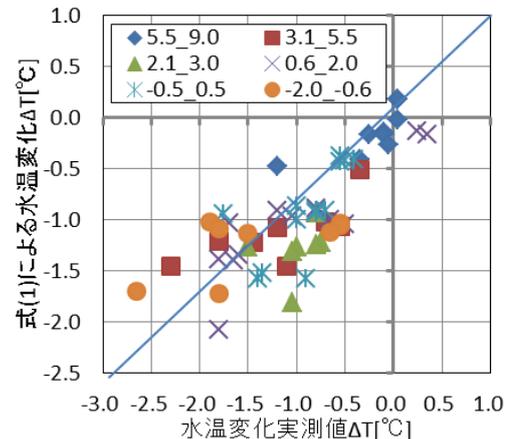


図-5 式(1)による再現結果と実測値の比較