

落差工の曝気効果に関する実験

国土交通省関東地方整備局荒川下流河川事務所 青木孝夫

(株)東京コンサルタント 三井一夫, 松川秀敏

八戸工業高等専門学校 正会員 ○南将人

1. 浄化導水事業の概要と実験目的

荒川の支川である笹目川では、流域の急激な都市化に伴う水質汚濁や下水道整備の進展による水量の減少で水環境改善に向けた取り組みが求められた。そこで、荒川から導水をする事により、水質改善と水量回復を図り、悪臭やスカムの発生を解消、さらに生物の生息環境の改善を目的としたプロジェクトが立案された。現地の健全な水環境を目指し水質の改善を行うためには、笹目川に安定した流量及び酸素を供給する事が重要である。そこで、本川である荒川より水を取水しポンプで笹目川の上流まで 4.8Km を送水して放流する施設が考案された。

しかし、事前の調査によれば、導水停止後数日経過すると管内の溶存酸素量 (DO と記述) がほぼゼロとなる。導水再開時には、溶存酸素を回復して放流する事が必要条件であった。この失われた酸素を供給する方法には、例えば上流に貯水槽を設置しエアレーションで供給する方法やラビリス堰の設置¹⁾等の方法がある。

本研究は、滝の様に「落下」させる事によって、どの程度酸素が取り込まれるか、その曝気能力効果を実験で検証する事を目的とした。また、夏期の高温状態や落下後の水平領域の凹凸高さを変化させて、それぞれの曝気能力 (酸素取り込み量) を測定した。

2. 実験方法と装置

2.1 再現項目

落差工による酸素吸収は、長²⁾によると主に「巻き込まれた気泡からの酸素吸収」が最も重要である。落差工から排出された水塊は放物線の自由落下をし、落差工下部での衝突によって空気を巻き込んでいる。通常、実験装置の大きさの制約により模型縮尺を設定するが、酸素の取り込み量に対する相似則が存在しない。そこで、越流部からの流速と落差の高さ、この2つを現地の施設と同様にすることで曝気能力を実験で再現する事とした。

図-1 は、現地に設置されている堰である。図中に示す様に施設の一部 (幅 15cm) を鉛直に切り出した部分の模型を作成し、放出速度と高さを現地施設と一致させる事で曝気能力の検証実験を実施した。

落差工、溶存酸素、曝気効果

〒039-1192 八戸市田面木字上野平 16-1 (Tel&Fax)0178-27-7310



図-1 注水施設と実験対象部分

2.2 実験方法

実験方法を図-2 に示す。まず、貯水槽に水を貯める。夏期の高温時の検証には、貯水槽内に設置したヒーターによって水温を調節した。次に亜硫酸ナトリウムを溶かし攪拌させて5～30分ほど置き低酸素状態の水を作成した。完全に反応させて酸素ゼロの状態とした場合、採水後に取り込まれた酸素が反応して測定できなくなる事が考えられ、約 1 mg/L 程度の低酸素状態で実験を開始した。そして、ポンプによって汲み上げ、堰から落下させる事によって現地の放流状態を再現した。溶存酸素量 (DO) の測定は、流入してから 20 秒後に P₁ (堰から落下する前の地点)、P₂ (堰からの落下後の地点)、P₃ (水平部分) の3点で容器に水をほぼ同時に採水して行った。そして、各地点間の DO の変化量と水温を取りまとめた。

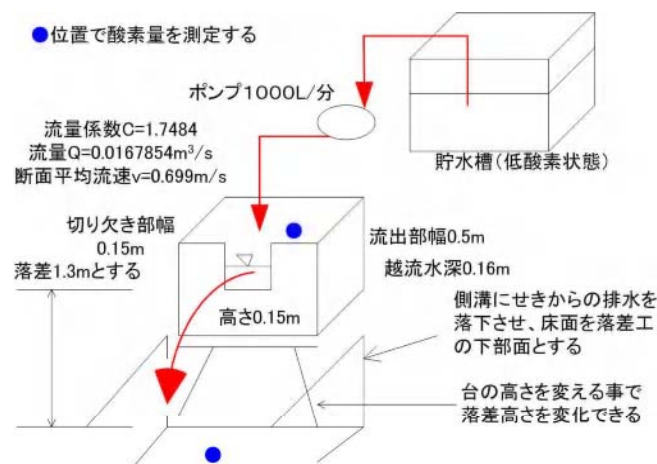


図-2 実験手順

2.3 水平部分の凹凸と実験ケース

既往の研究より落差高さによっても DO の増加は期待出来るが、水流の表面で乱流場を作成して更なる DO 増加を期待する為、落下後の水平部分の凹凸高さを変えて実験を行った。水平領域の河床模型として二つ作製した。一つは、丸みを帯びた石を高さ 5mm、間隔を 5cm にして並べそれをモルタルに埋め込んだものである(図-3 参照)。もう一つは、凹凸のある石を高さ 2cm、間隔は 5cm としたものである。

落差工による曝気能力の検証実験は、水平部の河床模型 3 種類と水温を適宜変化させて全 20 ケース実施した。



図-3 水平領域の河床凹凸模型の断面図

3. 実験結果

図-4 に全 20 ケースの酸素量の変化を示す。以下、水温と溶存酸素量(DO 変化量)の関係、凹凸と溶存酸素量との関係について考察する。

3.1 水温と DO 変化量

水温 15 度から 30 度の範囲で水温を変化させ、全 13 ケースの実験を実施した。その結果、水温 20 度付近で DO 取り込み量が最大となった(図中◆)。水温 20 度が最も曝気効果が 3.7mg/L と高く、水温 15 度と 30 度付近では 3.2mg/L であった。水温の変化に対して 0.5mg/L の差異が生じていた。水中の DO 取り込み量は、水温が低い程可能取り込み量が多く、水温の上昇と共に取り込み量が小さくなると予測されたが、実験の結果は酸素取り込み量の最大極値となる水温が存在する結果となった。この注水施設で必要な溶存酸素量は 3mg/L であり、水温 30 度、即ち夏期における高温時でも高さ 1.3m からの落下により必要な酸素を取り込める事が確認された。

3.2 凹凸と DO 変化量

より多くの酸素を取り込むには、自由水面での乱れ、即ち乱流状態を創造して空気との接触面積を大きくする事が有効である。落下後の水平部に凹凸を設けて、その高さと DO 変化量について検証した。その結果、凹凸の違いは、凹凸が無い場合に比べて 0.3~0.5mg/L 程度の効果が見られた(図中◆◆)。凹凸高さの違いによる酸素量の差は 0.15mg/L と小さい。よって、堰からの落下による衝突が最も効果的である。水平部を通過する際の目

視観測によれば、凹凸部分は全て水没しており、凹凸部分によって形成される乱れ場の効果が小さい事が DO 取り込み量に対して効いていない為と考えられる。水温変化と DO 取り込み量とは、凹凸が無い場合と同様に水温 20 度が最も効果的であった。

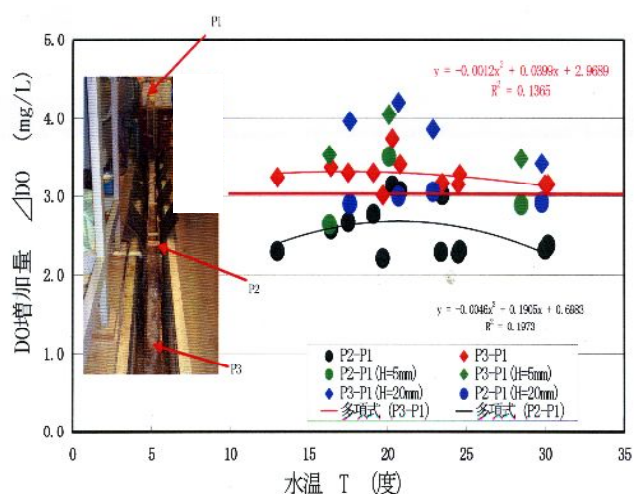


図-4 水温と酸素取り込み量の実験結果

4. 地域住民との連携

図-5 に現地施工後の稼働状況を示す。同施設の整備に関しては FRP 管の使用や開削工法の採用によってコスト削減が図られた。そして平成 18 年 7 月 9 日に、浄化導水事業の通水式が行われ、河川の水質改善と水量確保を目的として稼働中である。

注水施設の稼働は、昼間は浄化を兼ねた修景滝を併用し、夜間は落差工を使用せずに別途水路を設けて流水音に配慮した構造となっている。この地域の河川清掃の実績および地元関係者の協力により今回通水に至った。現在、環境整備を住民と連携して実施中である。



図-5 施設稼働状況

参考文献:

- 1) 高木強治, 浪平篤, 小林宏康: 「ラビリンス堰における酸素移動」 水環境学会誌, Vol.27, No.2, pp.117-123, 2004.
- 2) 長勝史: 「落差工における再曝気能力に関する研究」 鹿大農学術報告第 47 号, p.37-41, 1997.