

東京大学工学部都市工学科	正員	杉本昭典
建設省土木研究所	正員	西田哲夫
同上	正員	○村上 健
東京大学工学部都市工学科	学生員	安中健二

1. はじめに 河川などにおける雨曝気量の算定は酸素平衡を計算するにあたって最も重要な因子の一つであり、今までにもいくつかの理論式、実験式が提案されている。しかしこれ等の式は一般的に成り立つものとはなく、その適用範囲は河川の特徴などによって限られており、特定の地理条件、或いは公式の南米とよした河川と類似した河川では少なくとも成り立つと考えべきであろう。特に幅が狭く、水深の浅い河川では誤差が大きいと云われている。この研究の目的は模型水路における実験によってこれらの計算式の適用性を検討することである。

2. 実験方法 実験に用いた水路は幅30cm、深さ50cm、長さ150mの鋼製水路で、勾配1/5,000、マニングの粗度係数0.11である。実験は水路上流端の亜硫酸ソーダ混入槽で亜硫酸ソーダを加えて溶存酸素レベルを下げ、(曝曝としてコバルト5ppmを使用)、水路の数ヶ所で溶存酸素を測定し、流下して行く間の酸素増量を求めて行なった。溶存酸素の測定はウィンクラー法によったが、ウィンクラー法では亜硫酸イオンが妨害物質として作用するので、実験区間は亜硫酸イオンと溶存酸素との反応が完了してしまつた地点より下流に定めた。雨曝気の理論は、表面の薄層を除くと水路断面の溶存酸素(又は溶存酸素不足量)は一定であるという仮定に基づいているが、実際に測定してみると必ずしも一定ではなく、断面平均酸素不足量に対して水深方向では1~2%、横方向では0.5~1%程度位置によって値が異なる。この差が有意なものであるとしても水深5割の所での溶存酸素がおおよそ断面平均の溶存酸素を示すので、水深の5割の所での値を断面での代表値と考え、採水の位置は水路の中央、水深の5割の所とした。

実験時の流速、水深の範囲はそれぞれ15.6~26.4 cm/sec, 8.3~32.9 cmであり、流れは等流を保って実験した。レイノルズ数、フルード数の範囲はそれぞれ $8.0 \times 10^3 \sim 16.8 \times 10^3$, $0.117 \sim 0.260$ の範囲であった。

3. 考察 検討した公式は次の5式である。

1) O'Connor-Dobbins の式¹⁾

i) 等粘性の場合

$$k_2 = \frac{127 (D_m \cdot U)^{1/2}}{2303 H^{1/2}}$$

但し k_2 : 雨曝気係数 ($1/\text{day}$) 値は10, D_m : 分子拡散係数 (ft^2/day),

H : 水深 (ft), U : 平均流速 (ft/sec), S : 鉛水勾配

ii) 非等粘性の場合

$$k_2 = \frac{480 D_m^{1/2} \cdot S^{1/4}}{H^{1/4}}$$

2) Churchill の式²⁾

$$k_2 = \frac{5.026 U^{0.969}}{H^{1.673}} (1.024)^{T-20}$$

3) Krenkel の式³⁾

$$k_2 (20^\circ\text{C}) = \frac{\text{const} \times D_r}{H^{1/2}}$$

但し T : 水温 ($^{\circ}\text{C}$), D_L : 縦方向伝播係数 (ft^2/min)

4) Dobbins の式⁴⁾

$$k_2 = \frac{C_4 \sqrt{C_5 \cdot D_M \cdot \alpha}}{H(C_4)^{3/2}} \coth \sqrt{\frac{C_5 \cdot \psi}{C_4 \cdot D_M}}$$

$$\text{ここで } \alpha = \frac{P(\nu \cdot E)}{\sigma}, \quad \psi = \frac{P \cdot \nu^{1/4} \cdot E^{1/4}}{\sigma}$$

但し C_4 : 表面積の補正係数, C_4, C_5 : 定数, P : 水の密度

ν : 動粘性係数, σ : 表面張力, E : 単位質量当りのエネルギー消散率

各式による計算値と実測値との比較を図-1~5に示す。各図において45°の線上に点が乗れば計算値と実測値が一致することになる。図によれば O'Connor-Dobbins の式と Krenkel の式は比較的良く線に集まっているが、Dobbins の式と Churchill の式はあまり合っていない。Dobbins の式については、 C_4, C_5 など定数の値、或いは表面置換率 r について問題があるのではないかと思われる。Churchill の式は実験公式であるが故に適用範囲が限られているのであろう。O'Connor-Dobbins の式について、O'Connor は後の論文で Chézy の係数の如何にかかわらず等方性の式が良く合うと述べていたが、この実験では Chézy の係数が 50~120 とかなり大きいにもかかわらず、非等方性の式も良く合っている。これは等方性の式で計算した値と非等方性の式で計算した値との差が、この場合と程大さくなりからであるとも云えるが、又逆にあまり大きくない水路については非等方性の式も適用できるということも意味するのであろう。Krenkel の式が比較的良く一致しているのは定数を実験から求めて $\text{const} = 6.46 \times 10^{-5}$ とおいたためであり、この定数を Krenkel の実験公式³⁾の形に変形して較べてもかなり異なっているのど、Krenkel の式も一般性を持っているとはいえない。模型水路での実験結果は以上の様であるが、O'Connor-Dobbins の式にはいくつかの理論的な弱点があるにもかかわらず何故良く一致するかなども今後の

の課題である。

参考文献

- 1) Trans. ASCE, vol. 123, 1956
- 2) Proc. ASCE, vol. 88, SA4, 1962
- 3) Proc. ASCE, vol. 88, SA2, 1962
- 4) Proc. ASCE, vol. 90, SA3, 1964
- 5) Proc. Seminar on Oxygen Relationships in Streams, USPHS, 1958

