

## 落水による再曝気効果の評価に関する基礎的実験

東京電機大学理工学部 学生会員 ○ハリマトロズ  
 東京電機大学理工学部 正会員 武村 武  
 東京電機大学理工学部 正会員 有田 正光

### 1. はじめに

近年，都市部のみならず，様々な地域においての人口増加による周辺環境への影響が懸念されている．その一つとして，工場等で使用される水や生活排水の増加が，河川や湖沼における水環境の変化の要因となっており，周辺の生態系に影響を与えている．その中の一つとして，水域に流れ込んだ有機物が分解されることによる溶存酸素（DO）の減少があげられる．この減少により底生生物が死滅し，さらに悪臭などが発生するため周辺環境への影響が大きい．そのため，水域の環境改善のための技術開発は数多く行われている．

水中への酸素の吸収，つまり再曝気は，気液界面を通して行われるが，再曝気の効果を示す再曝気係数はその水域の状況によって大きく変化することが知られている．そこで本研究では，簡易的な方法による再曝気効果の上昇を目指し，その前段階として落水による再曝気効果の検討を実施した．

### 2. 実験概要

**2.1 実験装置：**本実験で使用した実験装置の概観図を図-1に示す．実験には，縦 27cm×横 120cm×高さ 80cmの亚克力製の水槽を用いた．水槽内に設置した水中ポンプ 2 台を使用して塩化ビニール管を通して亚克力水槽内に水を落下させた．流量調節は，装置に取り付けた流量計によって行った．実験時において，水中内の DO 濃度を測定するための DO メーターは，水面から 25cm，水槽中心部から 35cm の位置に設置した．

### 2.2 実験方法

実験は以下の手順で行った．最初に，水槽内の溶存酸素を無くするために亜硫酸ナトリウムを添加し，水槽内の溶存酸素量をゼロ付近まで低下させた．その後水槽内の溶存酸素量がゼロ付近で安定したことを確認した後，水を落下させて，あらかじめ設置した DO メーターにより DO 濃度と水温の経時変化を測定した．本研究では，再曝気係数に

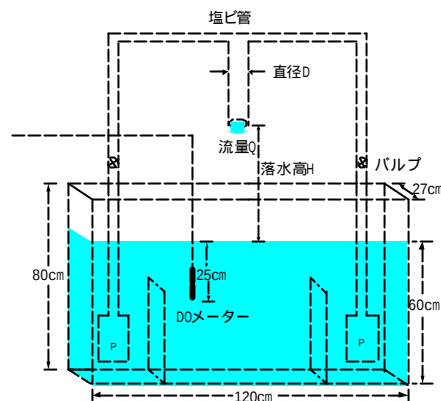


図 - 1 実験装置概観図

表 - 1 実験条件一覧表

| case | 流量<br>Q(l/min) | 管径<br>D(mm) | 落水高<br>H(cm) | case | 流量<br>Q(l/min) | 管径<br>D(mm) | 落水高<br>H(cm) |
|------|----------------|-------------|--------------|------|----------------|-------------|--------------|
| 1-1  | 60             | 20          | 0            | 3-1  | 60             | 30          | 0            |
| 1-2  |                |             | 1            | 3-2  |                |             | 1            |
| 1-3  |                |             | 5            | 3-3  |                |             | 5            |
| 1-4  |                |             | 10           | 3-4  |                |             | 10           |
| 1-5  |                |             | 20           | 3-5  |                |             | 20           |
| 1-6  |                |             | 30           | 3-6  |                |             | 30           |
| 1-7  |                |             | 50           | 3-7  |                |             | 50           |
| 1-8  |                |             | 70           | 3-8  |                |             | 70           |
| 1-9  |                |             | 80           | 3-9  |                |             | 80           |
| 2-1  | 90             | 20          | 0            | 4-1  | 90             | 30          | 0            |
| 2-2  |                |             | 1            | 4-2  |                |             | 1            |
| 2-3  |                |             | 5            | 4-3  |                |             | 5            |
| 2-4  |                |             | 10           | 4-4  |                |             | 10           |
| 2-5  |                |             | 20           | 4-5  |                |             | 20           |
| 2-6  |                |             | 30           | 4-6  |                |             | 30           |
| 2-7  |                |             | 50           | 4-7  |                |             | 50           |
| 2-8  |                |             | 70           | 4-8  |                |             | 70           |
| 2-9  |                |             | 80           | 4-9  |                |             | 80           |

影響を与える水理因子である流量(Q)・落下高さ(H)・管の直径(D)を変化させて実験を実施し，再曝気係数 ( $K_2$ ) とエネルギー (E) の関係を比較検討した．

### 2.3 再曝気係数とエネルギーの定義

実験時において，実験環境（水温，気温）は一定ではないため，DO 濃度の初期値と飽和濃度付近の変化が安定しない．そこで，DO 濃度の変化が安定している 10～80% のデータを用いその平均値を本実験における再曝気係数と定義した．

本研究において，吐出口からの落水のエネルギー (E) を，以下のように定義した．

キーワード：再曝気，貧酸素水，落水

連絡先：〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 049-296-2911（内線 2746） FAX 049-296-6501

$$E = rQ \left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{Q}{A} \right)^2 + gH \right\}$$

ここに、 $A$  は管断面積である。

実験は、流量、管径、落水高さを変化させて行った。実験条件一覧表を表 - 1 に示す。

### 3. 実験結果および考察

はじめに、case4 における実験結果を図 - 2 に示す。本図は、横軸にエネルギーを取り、縦軸に再曝気係数を取っている。また、図中にはベストフィットラインを挿入した。本結果より、エネルギーの増加、すなわち落水高さの増加に伴い再曝気係数が上昇していることが確認できる。落水高さが 0cm の時、再曝気係数はほぼ 0 である。次に落水高さが 0cm から 1cm に変化したとき、再曝気係数が大きく上昇していることが確認できる。その後、落水高さの上昇に伴い、再曝気係数も緩やかに上昇を続けていることもわかる。

次に、他のケース (case1~ case3) を含めた結果を図 - 3 に示す。また、各ケースに対するベストフィットラインも挿入している。本結果より、前述の case4 と同様に、どのケースにおいても落水高さ 0cm の時は再曝気係数がほぼ 0 であり、その後、急激に再曝気係数が上昇していることが確認できる。一方、エネルギーの増加 (落水高さの上昇) に伴い、緩やかに増加する再曝気係数の値が、実験ケースによって徐々に大きくなっている。

ここで、落水による空気の連行状況を模式的に示したのが図 - 4(a), (b) である。落水高さが低いとき (図 - 4(a)) では、水面と吐出口との距離が小さいため、周辺空気に触れる面積や時間が小さくなる。そのため、落水時に周辺空気の連行量が制限されるため、再曝気係数が小さくなる。一方、落水高さが大きくなると (図 - 4(b))、周辺空気を落水時に連行しやすくなり、落水高さの影響が小さくなり、再曝気係数の変化が緩やかになる。

ここで、図 - 3 より、落水高さが小さいケース ( $H=0\text{cm}$ ,  $1\text{cm}$ ) を削除した結果を図 - 5 に示す。本結果より、極端に落水高さが小さい場合を除けば、ほぼエネルギーの上昇に伴い、一様に再曝気係数が上昇していることが確認できる。

### 4. 結論

本研究では、落水による再曝気効果を検討するために基礎的な実験を実施した。その結果、落水高さが 0cm の case では再曝気係数はほぼ 0 であったが、落水高さを 1cm に設定すると急激に再曝気係数が上昇した。これは、周

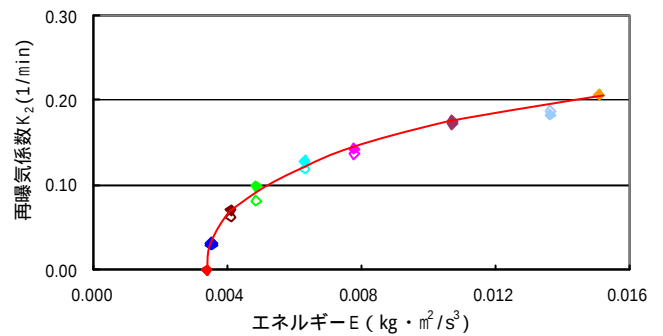


図 - 2 再曝気係数とエネルギーの関係 (case4)

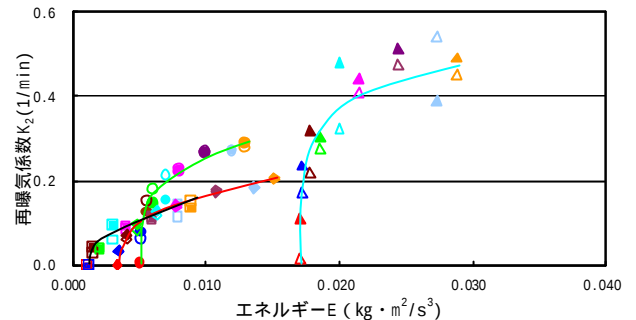


図 - 3 再曝気係数とエネルギーの関係

(●; case-1, ▲; case-2, ■; case-3, ◆; case-4)

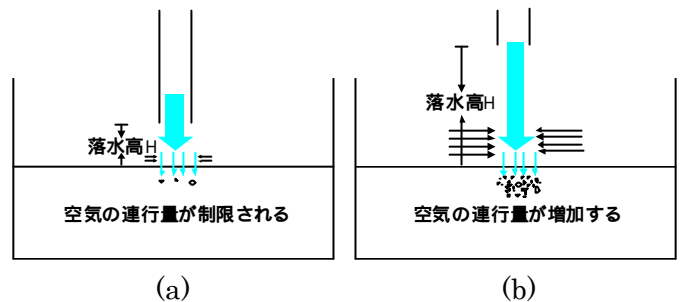


図 - 4 落水による周辺空気連行の概念図

(a) 落水高さが小さい場合, (b) 落水高さが大きい場合

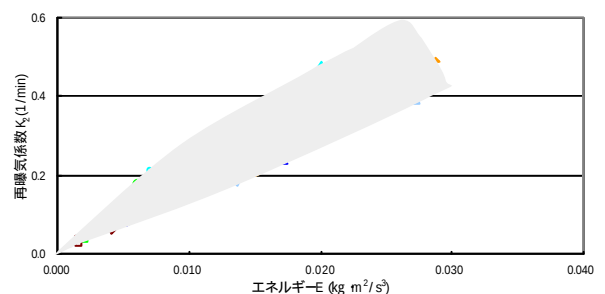


図 - 5 再曝気係数とエネルギーの関係

辺空気の連行量が落水高さの変化に伴い、大きく増加するためと考えられる。さらに、本実験の範囲では、実験条件 (流量、管径、落水高さ) が違うケースにおいて、エネルギーの増加に伴う再曝気係数の増加が同様の傾向にあることが確認された。