

II-43

水質改善のための DO 供給装置の効率化

東北大学大学院 学生員 ○山城 朋明
 東北大学大学院 フェロー 沢本 正樹
 東北大学大学院 佐藤 栄司

1. 装置の概略

閉鎖性水域の底質を改善することを目的に、DO 濃度が高い表層水を何らかの形で底層に送り込む装置として、波の挙動を利用した装置を考案している(図-1)。装置は管表面で渦による曝気を行なうことにより、より DO 濃度の高い水を送り込めるという特徴を有している。波が入射した際に、管内外で水位差を生じることより、下降流が発生する。この下降流量は入射波形や管の形状に支配される。本稿では、一定の波形を入射させ、効率化を図るいくつかのパーツを取り付けた場合の流量特性および流下酸素フラックスの評価法について報告する。

2. 相似スケール

装置は水交換率の低い内湾や湖沼、防波堤により囲まれた港内に設置することを想定している。装置の稼動を想定した水域の波浪等のデータおよび模型スケールを表-1に示す。装置内の流動に起因する摩擦等の損失は小さいため、系全体にフルード相似を適用できる。また装置の没水深(管長)は目的を考慮し、水域の水深と一致させてある。

3. 管径と流量、流下酸素フラックスとの関係

波形および管長が定まるとき、流量を最大支配する物理量は管径 D_p である。管径を変化させた場合の平均流量および平均鉛直流速の変化を、それぞれ図-2に示す。管径が小さい場合、入射水塊が管壁で反射しすぐに開口部より吐き出されるため、大きい場合は管内外の水位差が得にくいため、流量が減少する。鉛直流速変化より、現場に設置する場合に適する管径が分かる。装置を設置する防波堤等の長さを L とすると、この防波堤に設置した全ての装置より流下する水流量 Q_{total} は式(1)のように非線型となる。この変化を図-4に示す。これを用いて最大の流下水量となる最適管径を決定することが可能である。

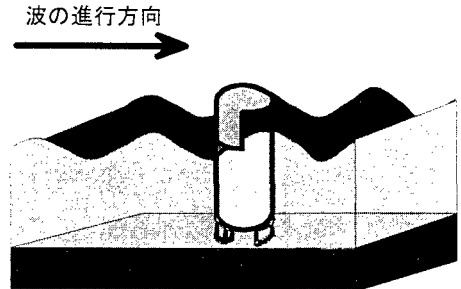


図-1 装置概略

表-1 装置スケールの設定

	波高:Hw	周期:Tw	水深	管没水深
想定水域	48 cm	3.81 sec	10.8 m	9.60 m
模型実験	4.0 cm	1.10 sec	0.90 m	0.80 m

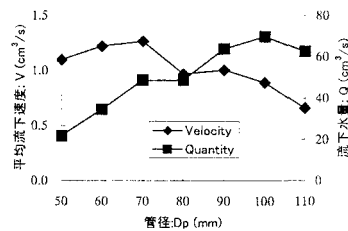


図-2 平均鉛直流速変化

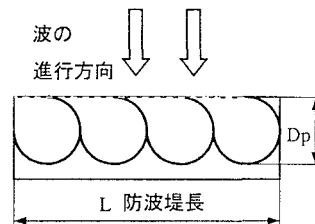


図-3 最適管径のモデル

$$\begin{aligned}
 Q_{total} &= \frac{L}{D_p} \times Q(D_p) \\
 &= \frac{L}{D_p} \times \pi \left(\frac{D_p}{2} \right)^2 \cdot V(D_p) = \frac{\pi L \cdot D_p \cdot V(D_p)}{4} \quad (1)
 \end{aligned}$$

次に流下酸素フラックスについて考える。これは単位時間に酸素を取り込む時間率である再曝気係数 k_2 により評価できる¹⁾。

$$Q_{O_2} = k_2/Q \quad -\ln\left[\frac{C(t)-C(0)}{C_s-C(0)}\right] = k_2 t \quad (2)$$

ここで、 $C(t)$ ：時刻 t におけるDO濃度、 C_s ：飽和DO濃度である。水槽内を貧酸素状態にし、造波機などによる曝気の影響を受けないようにしてDO濃度の時間変化を測定した。管径を変化させた場合の再曝気係数および流下水の単位体積に含まれる溶存酸素濃度 k_2/Q を表-2に示す。これより管径が小さいほど、流下酸素フラックスが増大していることが分かる。

4. 効率化のためのパーツ設置

表-1の条件下で図-5に示す諸パーツを各々取り付け、流量特性を把握した。

i) 渦動抑止壁 ii) 開口部吐出抑止壁

これらを設置した場合の流下速度の時系列断面平均値を図-6に示す。管径が小さくなると管軸における渦による気泡連行量の増大が見られるが、i)の設置により、渦の管内部での動きが抑えられることにより増加することが確認できた。また管径が小さくなると、波が入射してから管内を伝播し開口部より吐き出されるまでの時間が短くなり、流量の減少が見られるが、ii)を設置することにより流量等の減少を抑えることができた。

なお再曝気係数は、図-7より管内水塊の角速度 ω に依存する傾向がある。従ってこれらのパーツを取り付けたことにより、水流量が増加するに連れ、流下酸素フラックスも増大すると考えてよい。

参考文献

1) 角野昇八, 斉藤満, 山西和也(1995), 海浜の砕波による酸素取り込み機能に関する実験的再考察, 海岸工学論文集第42巻, pp.1181~1185

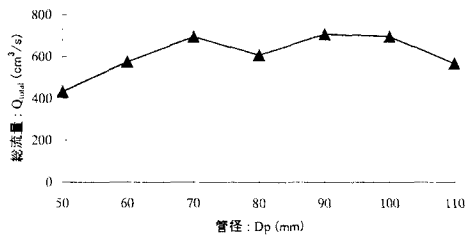


図-4 最適管径の決定(L=1000mm)

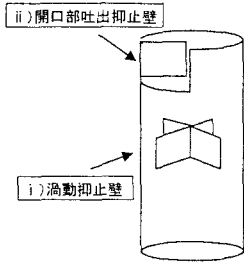


図-5 効率化パーツ

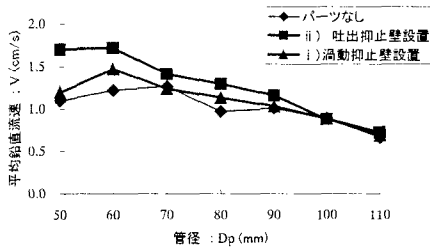


図-6 効率化パーツを取り付けた場合の流量変化

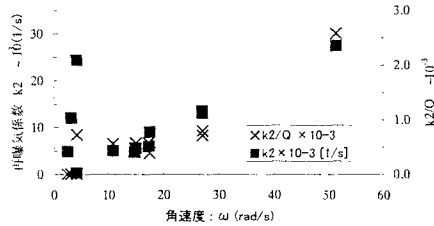


図-7 管内水塊の角速度と再曝気係数

表-2 流下水量と再曝気係数(Lw：波長, V_{hor}：管内表面部管壁脇における水平流速)

Case	Dp [cm]	Dp/Lw	水温 [°C]	V _{hor} [cm/s]	ω [rad/s]	水流量Q [cm³/s]	V(Dp) [cm/s]	k2×10 ⁻³ [1/s]	k2/Q ×10 ⁻³
A	5.0	0.0266	7.0	13.78	5.51	21.48	1.094	2.084	0.0970
B	8.0	0.0426	7.0	12.54	3.14	48.50	0.965	1.032	0.0213
C	11.0	0.0585	7.1	10.58	1.92	62.39	0.657	0.412	0.0066