

エアレーションによる海域浄化に関する実験的検討 (その2)

(株)大星測量設計

川島祐二

中部電力(株)電力技術研究所

正員 渡辺増美・服部孝之

中電工事(株)技術コンサルタント部 正員 佐藤公己

1. はじめに

富栄養化の進行した閉鎖性海域では、夏季を中心に底層の貧酸素現象が見られる。貧酸素化した海域の水質を改善する方策として汽力発電所の温排水を利用し、曝気(エアレーション)により酸素を付加する方法が考えられる。本研究では、曝気効果の基礎検討として水質(清水、海水、塩水)、空気量、気泡径、水深が酸素移動にどのような影響を与えるか検討を進めている。前報(1995)では、散気装置として、散気板散気装置(散気孔1mm)を使用し気泡径約8mmについて報告した。今回、微細な気泡が発生するカーボン微粒子散気装置(散気孔1 μ)について検討を行なったので以下に報告する。

2. 実験装置および実験方法

実験装置の概要を図-1に示す。実験水槽は、80¹ × 80^W × 340^H cmの寸法を有し、前面部は気泡が観察測定ができるように透明エンビ板、その他は鋼製とし下部に散気装置が取り付けられるように開口部を設けた。曝気にはエアークンプレッサーを用い、マスフロメーターとニードルバルブにより所定の空気量を注入した。また、脱酸素用として窒素ポンプを用意し、酸素濃度が予想飽和濃度の10%以下になるまで窒素ガスを注入した。散気装置は、カーボン微粒子(1 μ)を焼結した分散器(B85×H90×L280mm)を10台均等に配置した。測定項目は、DO、空気量(G_s)、水温、気圧、水位とし、DOについてはDOメータを水深の1/2の高さに設置し、パソコンを接続してデータ収録した。 G_s 、水温、水位は出力電圧をA/D変換してパソコンに収録し気圧は気圧計を目読した。測定は、水槽内測定のDOが飽和濃度の80%以上に達するまで継続し実施した。測定間隔、回数は G_s 、気泡径により5 or 10秒間隔で600回とした。検討ケースは、表-1に示す通りである。

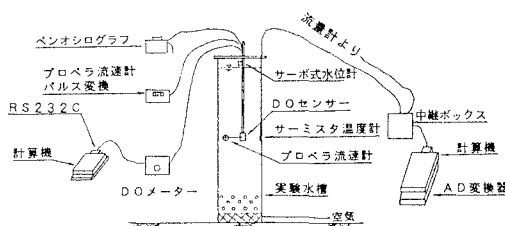


図-1 実験装置概要図

表-1 ケース表

水質	水深H (cm)	空気量 G_s (l/min)
清水	300	4.8 ~ 48.0
海水	"	"
塩水	300, 200, 150, 75	"

3. 等価平均気泡径(d_b)の評価方法

気泡径は、水質、 G_s によって変化するため、ケース毎に気泡径を測定した。測定方法は気泡径を0.1mm未満と0.1mm以上に分け、0.1mm以上については、さらに、0.2mmピッチに分け、それらの範囲に存在している気泡径の割合Rを目視および写真撮影から計測した。気泡平均体積 $\bar{V}$ は噴出している気泡の大きさにばらつきが有るため代表気泡径(ある範囲の中間径)毎の気泡体積の総和として式(1)により算出した。

$$\bar{V} = \left(\sum_{i=1}^n V_{ci} \cdot R_i \cdot N_T \right) / N_T = \sum_{i=1}^n V_{ci} \cdot R_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $\bar{V}$: 気泡平均体積, N_T : 水槽内の全気泡個数, V_c : 代表気泡径の体積, R : N_T に対する気泡径の測定範囲における気泡の割合

気泡平均体積 $\bar{V}$ は、気泡が球状になっていると仮定し、この場合の気泡径を等価平均気泡径 d_b と定義すると式(2)が成り立つので、これより d_b を求めた。

$$d_b = (6 \bar{V} / \pi)^{1/3} \quad \dots\dots\dots (2)$$

4. 実験結果および考察

(1) 水質が等価平均気泡径 (d_b) に与える影響

図-3は、 G_s と d_b の関係を水質をパラメータにして示す。図より清水の場合、気泡が海水、塩水に比べ相当大きくなっている。これは清水の場合、散気孔から出るところで気泡が合体するのに対し、海水、塩水の場合では塩類の影響で合体しにくくなるためと考えられる。

(2) 水質が総括酸素移動容量係数 (K_{La}) に与える影響

図-4は、 G_s を変化させた場合の各水質ごとの K_{La} を示す。図より、清水に比べ海水、塩水の方が K_{La} の値は良くなっており、その傾向は G_s が多いほど著しい。これは清水に比べ海水、塩水の方が微細な気泡が発生するため、水中の気泡の接触面積が多くなるためと考えられる。海水と塩水では G_s が多くなると気泡径は塩水の方が大きくなる傾向を示すが、 K_{La} はほぼ同じ値を示している。これは、気泡の接触面積が増加しても個々の気泡のもつ酸素量が小さく、気泡上昇過程における酸素消費に着目すると、酸素移動は下層では大きい、上昇するにしたがって少なくなり、全水深平均では良くならないためと考えられる。なお K_{La} の算出方法は前報(1995)を参照のこと。

(3) 空気量 (G_s) と水深 (H) による影響

図-5は、 G_s と $K_{La} \cdot V$ の関係を H をパラメータに、図-6は H と $K_{La} \cdot V$ の関係を G_s をパラメータにして示す。エッケンフェルダーによれば K_{La} と G_s 、 H の関係は式(3)で表現できるとされている。

$$K_{La} \cdot V = C_1 \cdot G_s^{1-m} \cdot H^{1-n} \quad (3)$$

重回帰分析で算出した結果 $C_1 = 8.64$, $1-m = 0.87$, $1-n = 0.45$ を得た。この値を図中に実線で示す、実験データと良く一致している。前報(1995)の $d_b \approx 8$ mm では $C_1 = 1.13$, $1-m = 0.88$, $1-n = 0.78$ を、また、既往の研究では King は $1-n = 0.71$ を、藤井らは $1-n = 1.38$ を得ている。今回の実験では、 $1-n = 0.45$ と小さな値を得た。これは水深が 1.5 m 以上の場合では酸素移動量が急激に悪くなっているためであり、その原因は散気装置、水質、 G_s による気泡径の変化によるものと考えられる。

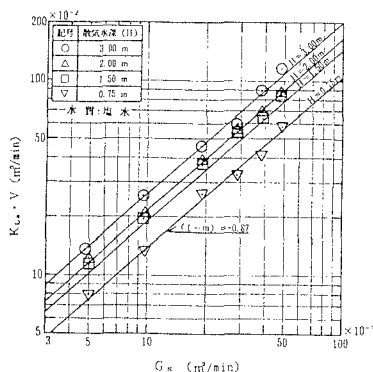


図-5 $K_{La} \cdot V$ と G_s の関係

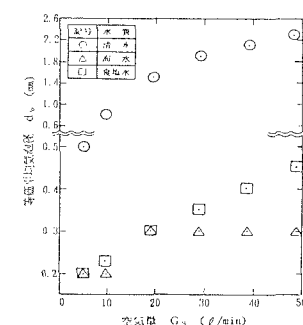


図-3 水質の違いによる d_b と G_s の関係

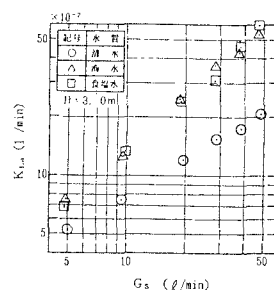


図-4 水質が K_{La} に及ぼす影響

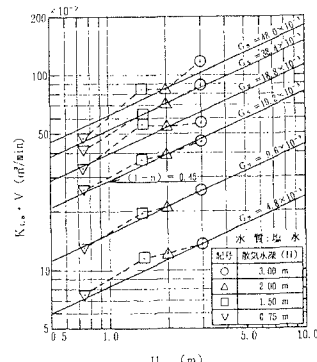


図-6 $K_{La} \cdot V$ と H の関係

5. おわりに

今回の検討から、焼結タイプの目の細かい散気装置を用いると空気量、水質ごとに気泡径が異なり、その気泡径の変化が式(3)に表す推定式の定数に影響を与えることが明らかになった。今後は、別の気泡径について酸素移動を検討し、気泡径を考慮した $K_{La} \cdot V$ の推定式を検討する予定である。

参考文献

服部孝之・渡辺増美・佐藤公己・鳥居三千男 エアレーションによる海域浄化に関する実験的検討、土木学会第50回年次学術講演会 1995(H7) II-424 P848～849