

徳山高専 正員 大成 博文
山口大学 正員 塚田 三夫
山口大学 正員 斎藤 隆

I. はじめに

陸繋砂洲によつて埋止められ出現した自然の「海水魚木旅館」として有名な天然記念物、明神池は、山口県萩市東部の山田東麓に位置している。近年、池内の魚類異常死が度々見られ、昭和26年以来、調査と対策が講じられてきた。今回、緊急総合調査が行なわれ、根本的池水浄化対策のひとつとして管路による海水交換の方法が提案され、その理論計算を個別ケースだけでなく一般的ケースを含めてここに報告する。

II. 海水交換の基礎式とその数値的検討

明神池の浄化機構の現況は、図-1に示すように夕和港と連結された暗渠による海水交換によって行なわれているが、今日、夕和港自体が汚濁し、その目的を達成していない。そこで、夕和港外まで管路を延長し、その効果を検討するため、図-2のような海水交換モデルを考える。図中の記号を用いて、池内水位変動式が次のように求まる。¹⁾

$$\left. \begin{aligned} A \frac{dh_2}{dt} &= B_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)} & \text{for } h_1 > h_2 \\ A \frac{dh_2}{dt} &= -B_2 \sqrt{2g(h_2 - h_1)} & \text{for } h_1 < h_2 \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

$$B_2 = bd \sqrt{\left(1 + \frac{124.45 n_1^2}{D^{4.9}} \frac{L_p}{D}\right) \frac{4bd}{\pi D^5} + \left(1 + \frac{19.6 h_2^3}{R^{4.75}} \frac{L_c}{R}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

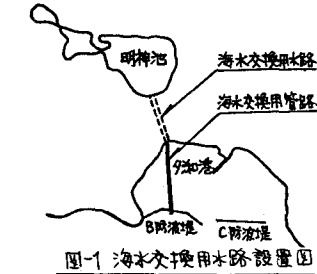


図-1 海水交換用管路設置図

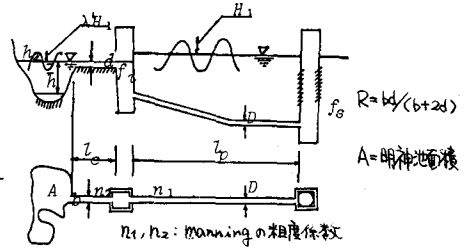


図-2 海水交換モデル

外海および池内の水位変動を、 h_2 を正弦運動で与えて、単位時間あたりの入退潮量および海水交換率 E は、(1)式を満足して、次のように求まる。

$$h_1 = H_1 \cos(2\pi t/T) \dots (2) \quad h_2 = \lambda x H_1 \cos(2\pi t/T - \mu) \dots (3)$$

$$Q = -A \lambda x H_1 \frac{2\pi}{T} \sin(2\pi t/T - \mu) \dots (4) \quad E = \frac{2\lambda x H_1}{\pi} \dots (5)$$

ここに、

$$\left. \begin{aligned} \lambda x &= \left\{ \frac{\sqrt{1 + 4k_2} - 1}{2k_2} \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad \mu = \cos^{-1} \lambda x \\ k_2 &= \frac{B_2^2}{A^2} \left(\frac{A}{B_2} \right)^2, \quad \alpha = 2\pi(H_1/L_p) \sqrt{g}, \quad B_2 = \sqrt{2} B_2/A \end{aligned} \right\} \dots (6)$$

であり、 λx は池水の最大変動水位差と潮位差の比を表わす。

池内の生物学的および化学的「汚濁」作用を無視し、「汚濁」を量的側面から「混濁物濃度」としてとらえ、退潮時の池内の混濁物濃度が一様分布となると仮定して、混濁物濃度変化を規定する基礎式が次のように求まる。

$$\left. \begin{aligned} A \frac{d}{dt} \{C(h_1 + h_2)\} &= C_2 B_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)} & \text{for } h_1 > h_2 \\ C &= \text{const.} & \text{for } h_1 < h_2 \end{aligned} \right\} \dots (7)$$

ここに、 C_2 は外海の混濁物濃度を表わす。

水路および管路内の海水容積による池の水位変化を仮とすると、

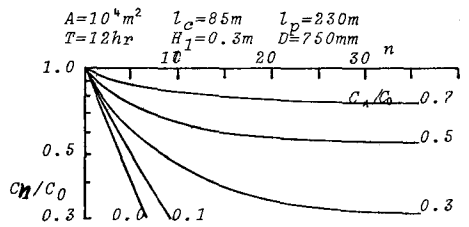


図-3 池内混濁物濃度曲線

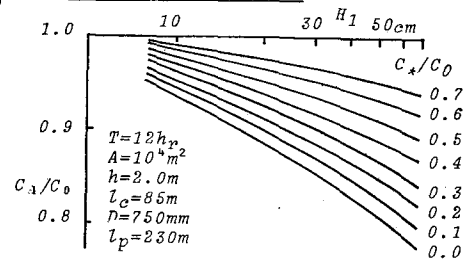


図-4 一潮位での混濁物濃度変化曲線

$\Delta R = (\lambda D l_p + b d l_c) / A$ とする。式(4)の入潮量で、池内水位が上昇するまで池内混濁物濃度が変化しないとして、式(2), (3), (4)より、一潮汐後の池内混濁物濃度変化 C_1/C_0 が次のように求まる。

$$\frac{C_1}{C_0} = \frac{1 - \lambda \frac{H}{R} + \frac{\Delta R}{R}}{1 + \lambda \frac{H}{R}} + \frac{C_*}{C_0} \times \frac{2\lambda \frac{H}{R} - \frac{\Delta R}{R}}{1 + \lambda \frac{H}{R}} \quad \dots (5)$$

C_0 : 池内の初期混濁物濃度

明神池の条件に従って、水路長 $l_c = 85 \text{ m}$ 、管路延長 $l_p = 230 \text{ m}$ 、管径 $D = 750 \text{ mm}$ を採用し、数値的検討を行う。図-3は、外海の潮汐振幅 $H = 30 \text{ cm}$ のときの、一潮汐後の池内混濁物濃度変化を表わしたものであり、清浄な外海水との交換による混濁物濃度低下を示している。一潮汐後の混濁物濃度変化と潮汐振幅と比較したのが図-4であり、同様の低下傾向を一層よく表わしている。

Ⅲ. 海水交換の一般的ケース

海水交換による混濁物濃度変化を規定するパラメーターは、 $\sqrt{H/R}$, H/R , C_*/C_0 , l_c/R , l_p/R , D/A 等である。前三者は、主として、現場の環境条件によって規定されるものであり、後三者が、設計条件である。また、式(5)から明らかなように、 $\Delta R = 2\lambda H$ で $C_1/C_0 = 1$ となり、池内と外海との海水交換はなくなってしまうことから、最大交換率を与える最適管径が上記のパラメーターのもとで存在するはずである。 l_c/R を一定として、図-5に最適管径を与える曲線を示す。

図-6は、最大海水交換率を与える l_c/R と l_p/R の関係を示したものであり、最適管径が容易に決定される。また、上記のパラメーター間では、一潮汐後の混濁物濃度低下と外海の混濁物濃度との関係が考えられるが、 l_p/R , l_c/R を変化させて、図-7のように求まる。

Ⅳ. おわりに

夕潮港の実測データから、年平均潮位差は約60cmであるが、明神池のケースでは、外海の海水混濁物濃度を現地内の0.1とすると、10潮汐で約90%の混濁物濃度変化がみられることになる。また、最大海水交換率を与える最適管径は約1200mmという結果を得、水理学的側面からの海水交換の全体的傾向を明らかにすることができた。外海との海水交換による池内浄化の方法は、管路以外に、新水路の設置やポンプによる常時注排水等が考えられるが、相対的に効率のよくない結果をえた。

本解析過程では、池内の流れや流れによる堆積物の浮遊量の影響を無視しているが、こういう場合によっては大きな因子となりうるかもしれない。今後詳細な調査と本理論の実験的検証が必要である。

参考文献: ①「感潮湖の水位について(201~3)」
大分大学工学部研究報告, 大分大学工学部, 1953.

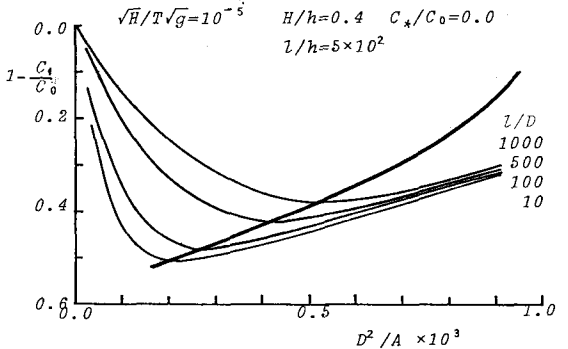


図-5 l_c/R 一定の場合の混濁物濃度低下曲線

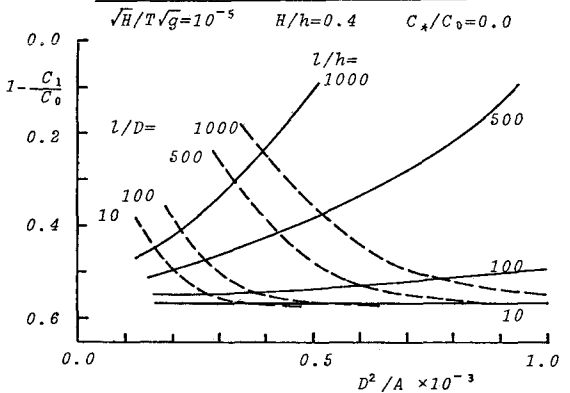


図-6 最大海水交換率を与える混濁物濃度曲線

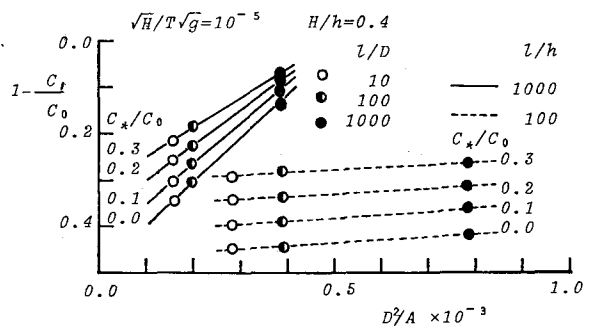


図-7 外海の混濁物濃度と考慮した池内混濁物濃度曲線