

塩水池「明神池」の水位変動

宇部短期大学（山口大学大学院） 正○松本治彦
山口大学 工学部 正 羽田野袈裟義
山口大学 工学部 正 斎藤 隆

1. はじめに

山口県萩市にある国の天然記念物「明神池」では近年、水質が汚濁化し、夏季を中心にして度々赤潮が発生してきた。そこで池水の交換を促進するために、池と外海とを結ぶ通水路を設置したが、際だった効果はなく汚濁化は進行している。本研究では、外海の潮位と池内の水位を詳細に観測し、池の水質改善を行なうのに不可欠な池内の水の動きと海水交換状態の解明を試みた。

2. 観測結果

図-1は明神池の略図と観測点、図-2は水位観測結果を示す。水位の観測結果から大池と中の池の水位はその位相、振幅ともほとんど一致している。

次に外海と池との水位を比較すると、通水路から一番遠くにある奥の池の位相が外海の位相に最も近く、振幅も他の2つの池より大きいことが注目される。図-2の水位変動から、池の水の動く方向について考えると、大池、中の池が下げ潮の時間帯では、これら両池から外海と奥の池へ水が流出している。しかしこの時間帯に奥の池の水位は中の池からの流入にもかかわらず急激に低下しており、通水路の水流以外に相当量の奥の池の水が周界に流出していることになる。逆に大池、中の池が上げ潮の時間帯には、相当量の水が周界から奥の池へ流入していることが判る。以上の結果より奥の池と外海を結ぶ地下水流が水位変動に大きな影響をもつことが判る。

3. 水位変動と流量との関係

a) 水収支式

前節の結果にもとづいて池内の水の動きを図-3のようにモデル化すると、池内水位を規程する方程式は次のようになる。

$$S_a \frac{dZ_a}{dt} = Q_{ea} - Q_{ab} \quad (1)$$

$$S_b \frac{dZ_b}{dt} = Q_{ab} - Q_{bs} \quad (2)$$

ここで Z_a , Z_b は池A, Bの水位, S_a と S_b は各々池A, Bの水表面積, Q_{ea} , Q_{ab} および Q_{bs} は各々周界から池Aへ、池Aから池Bへ、池Bから外海への流量, t は時間である。

b) 流量の評価

Q_{ab} については開水路流れなので、広長方形水路とすると

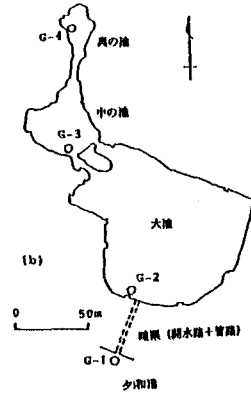


図-1 明神池の略図と水位観測点

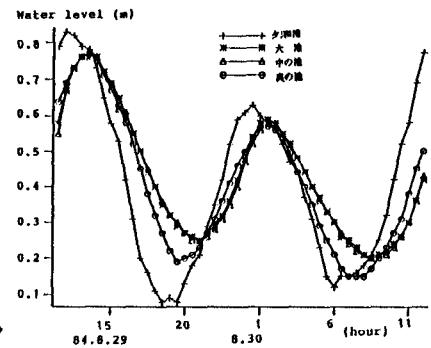


図-2 夕和港（外海）の潮位と明神池の水位変化

$$Q_{ab} = \frac{1}{n_1} b_2 h_0^{\frac{5}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

ここで b_2 は開水路の平均水路幅, n_1 はマンニングの粗度係数, Z_h は河床高さ, h_0 は平均水深, I は水面勾配, L_2 は開水路区間の長さである。

Q_{bs} については開水路と管路の直列であるが, 開水路の損失水頭を無視すると

$$V = \left\{ \frac{2 g H}{\zeta_e + \zeta_o + f \frac{L_3}{D}} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad Q_{bs} = \frac{\pi}{4} D^2 V \quad (4)$$

ここで, $H = Z_b - Z_{sea}$ は水位差, Z_{sea} は外海の潮位, ζ_e は入口の損失水頭, ζ_o は出口の損失水頭, D は管径, n_2 はマンニングの粗度係数, L_3 は管の長さ, f は摩擦損失係数である。

Q_{ea} については浸透流を考え, 疑似定常流として Darcy 則で与えると,

$$Q_{ea} = k b_1 h \frac{Z_{sea} - Z_a}{L_1} \quad (5)$$

ここに, k は透水係数, b_1 は池の周長, L_1 は平均浸透層区間である。浸透層の厚さ h は水位に伴って変化するが, ここでは簡単に一定の厚さ $h = 1 \text{ m}$ とする。

4. 計算式の検討

初期条件として調査開始時の各池の水位を用い, ルンゲクッタ法により水収支式から池 A と池 B の水位を計算し, 実測値に最も近くなるような k , n_1 , n_2 を求めた。なお, 管路の管径は 0.8 m であるが, 管内はカキやイガイなどが付着しているため, 実直径は $D = 0.5 \text{ m}$ として計算した。その結果, $n_1 = 0.09$, $n_2 = 0.015$, $k = 0.85 \sim 0.9 \text{ m/s}$ の場合が最も適合度のよいことが判った (図-4 は水位の実測値と計算値を表しています)。

n_1 については開水路が細かな石から数十センチの岩石で構成されていること, n_2 については管路が貝の群落で覆われていることから妥当と考えられる。また k についても周辺の地山が数十センチの岩塊から構成されていることや, 池の付近に大きな空洞のあることも考えられることから妥当と思われる。

また, 別時期に実測した開水路内の流量と外海と大池の水位変化を用いて, 前述のモデルで計算した流量と比較した結果, 両者の一致はよく, パラメータの検討結果がほぼ妥当であると考えられる。以上のことから, 池に出入りする水は通水路の水流だけでなく, 奥の池付近の岩塊の隙間からも相当量の水の出入りすることが定量的に裏付けられた。したがって, 池の水質を改善するには, 今までに行なわれてきた大池と外海の水の出入りに加えて, 奥の池から外海に通じている水についても検討する必要がある。

図-4 大池と奥の池の水位の実測値と計算値

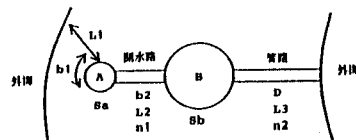


図-3 モデル池

