

川原大池の水利用に向けた水収支調査

長崎大学 学員○重松栄児 学員 高尾暢浩
正員 古本勝弘 学員 竹本陽一

1. はじめに

長崎市の隣町・三和町では慢性的な水不足解消と下水道設置に向けて新たな水源を求めている。川原大池がその候補の一つに挙げられるが、この池は、入江が砂嘴の成長で締め切られた海跡湖で、流域の末端にあるため汚濁の流入を避け難いこと、貯水容量が小さいこと、保水性に心配があるなど水源池として利用するにあたり問題点を十分調査しておくことが必要である。ここでは、川原大池の水文関係の調査結果を報告する。

2. 川原大池の概要

川原大池(図-1)は汽水湖であったものが、1974年、渇水時の緊急水源とするためポンプ除塩され淡水湖化し、必要に応じて取水されている。満水時の貯水量71万 m^3 、水面積0.127 km^2 、最大水深9mの比較的小さな湖で、流域面積1.74 km^2 をもつ。湖には池田川のみが注ぎ、湖末端の水門(敷高TP 1.47m)により流出量の調整が行われている。

3. 川原大池の水収支について

川原大池の貯水池としての機能を調べるために、水文調査を行った。観測項目は、降雨量、池田川の流入水位、池水位で、30分間隔で自記録させた。H~Q曲線を作成し、池田川流量(Q_i)

・池からの流出流量(Q_o)および水面貯留変化量(R)を経時的に求めることができる。池の水収支は次の式で表される。

$$R = A(dH/dt) = Q_i - Q_o + (r-v)A - G_o - S \quad \cdots \cdots (1)$$

ここに、A、H：池水表面積および水位、r、v：池水面の降雨および蒸発量、 G_o ：漏水(池底からの浸透流出量)、S：取水量である。

(1)式において Q_i 、 Q_o 、Rは観測により求められているが、蒸発量(v)は気象要素(風速、比湿)が不明で既存の評価式が使えないため、琵琶湖における蒸発量を参考にして算定を行った。紙面の都合でその一部を図-2に Q_i 、 Q_o 、Rの時系列を、図-3に G_o の時系列を示す。これによると、降雨で水位が上昇すると浸透流出流量(G_o)が増加し、水門調整によって水位が下がると G_o が減少することがわかる。しかし、一部の水門開閉記録が正確に記帳されていないために G_o の信頼性に欠ける。そこで、降雨が少なく、水位が安定しているときの G_o の平均値を求めると $G_o=0.52 \times 10^3 m^3/day$ が得られた。

水利用に当たっては、池への流入量が重要であ

る。この池への流入量は、降雨の大きさ、経歴が大いに関係することではあるが、降雨停止後短時日のうちに逓減しその降雨の大半を流出してしまう。例えば、1997.6/7に140mm/dayの降雨があったが、ほぼ1日後には基底流量になっている。

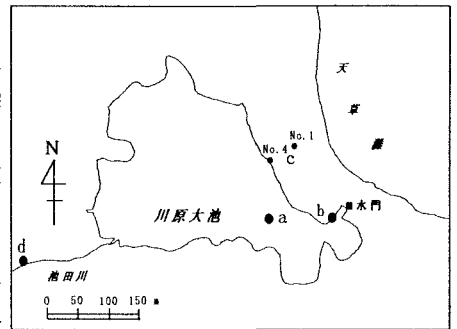


図-1 川原大池略図

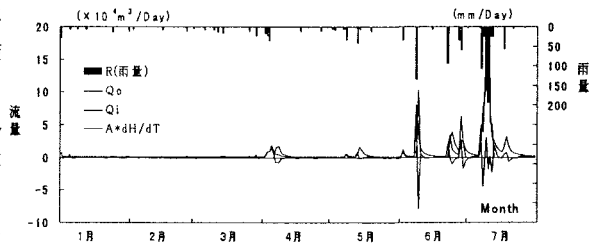


図-2 Q_i ・ Q_o ・Rの時系列

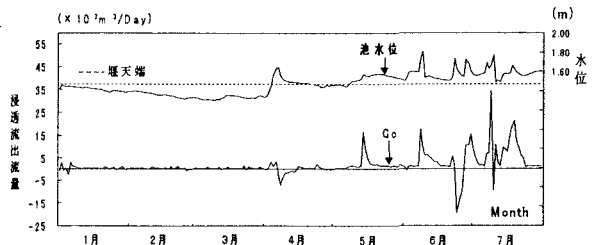


図-3 G_o の時系列

4. 砂嘴部における浸透流出量の評価

川原大池の池底からの漏水は、池と海を仕切る地盤中を地下水として海に流出する。当該地盤の構造を仮定し、浸透流出量を算定した。図-1に示すC地点のボーリング井戸を用いて、地下水位の観測を行った(図-4)。海岸近傍の自由地下水位は潮汐と共に変動し、その振幅は距離xに応じて指数関数で減少する。その減衰係数は $m = \sqrt{\sigma \lambda / (2kH)}$ で表される。ここに、

σ : 潮汐振動数 ($2\pi/T$)、 λ : 有効空隙率 (0.2)、 k : 透水係数、 H : 帯水層の厚さ (35m) である。図-4の水位変動の振幅減衰から m が求められ、透水係数 $k = 0.12 \text{ cm/s}$ を得た。これは砂礫層に相当する透水係数である。また、井戸の平均水位は海に向かって低下しており、流出していることが判る。内陸に向かう井戸平均水位の上昇に対して定常流の式が適用できるものとする、塩水の地下侵入がある場合の単位幅淡水流出量 q は(2)式で与

$q = \frac{k}{2\epsilon L} \zeta_L^2 \dots \dots (2)$ えられる。ここに、 $\epsilon = (\rho_s - \rho) / \rho$ 、 ζ_L : 海岸から距離 L における平均潮位からの地下水位高。 $\epsilon = 0.025$ 、 $L = 144\text{m}$ 、 $\zeta_L = 0.6\text{m}$ 、流出幅 $B = 200\text{m}$ 、とすると、 $Q = 1.08 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{Day}$ の淡水が地下水として流出していることになる。これは、前に述べた Q_0 と比較すると $Q = 0.56 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{Day}$ の差がある。これは計算上の仮定値にも問題はあろうが、浸透流出量には池の漏水量の他に池を経由しない地下水が相当量あることがわかる。

5. 池水の管理及び利用可能水量

海岸近傍の地盤中には淡水より密度の大きな海水が楔状に侵入している。すなわち、淡水はレンズ状に塩水に浮いた状態である。ガイベン・ヘルツベルグの関係式(3)より淡塩境界面の $h_L = \frac{\rho}{\rho_s - \rho} \zeta_L \dots \dots (3)$ 深さ h_L は ζ (平均海面からの地下水位高)のほぼ40倍の深さにあり、池の最深部をTP. -9m、平均海面をTP. 0mとすると、 $\zeta = 9/40 = \text{TP. } 23\text{cm}$ となり、これより池の水位が低下すると塩水が池に侵入する。よって、安全をみてTP. 30cmより池の水位を低下させないように管理する必要がある。

池の利用可能水量を評価するために、池田川の過去8年間の水位観測結果を基に Q_i を求めてマスカーブを描いた(図-5)。川原大池の水位は、塩水侵入のおそれからTP. 0.3m以下には下げ得ないとすると、満水位(TP. 1.47m)からこの水位までの $V = 1.4 \times 10^5 \text{ m}^3$ を有効貯水量と考える必要がある。このため、マスカーブより貯水量 V に対する利用可能水量を求めると、'85年から8年間で平均 $1.24 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$ 、最大 $1.9 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$ 、最小 $0.79 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$ となった。これは漏水のない貯水池の場合の値であり、現実には $Q_0 \approx 0.52 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{day}$ の漏水があるため、上記の値からこの値を差し引いた量を利用可能水量と考えなければならない。

6. おわりに

川原大池を水道水源として利用する場合の水量の問題を検討した。砂嘴部からの海水の侵入を考慮すると、利用可能水量は貯水容量の20%、 $1.4 \times 10^5 \text{ m}^3$ と少なく、将来の水需要のために町が求めている日量 3000 m^3 の取水は困難である。そのため、利用可能水量の増加のためには、堰上げによる貯水量増加、砂嘴部での遮水壁設置による地下水侵入と塩水の侵入防止等、利用水量増加のための水資源開発を行う必要がある。

【参考文献】：1) 岩佐：“湖沼工学” pp. 61~66

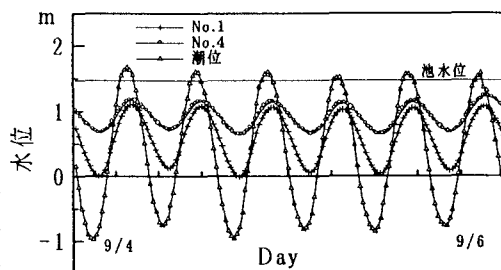


図-4 潮汐・地下水位変動

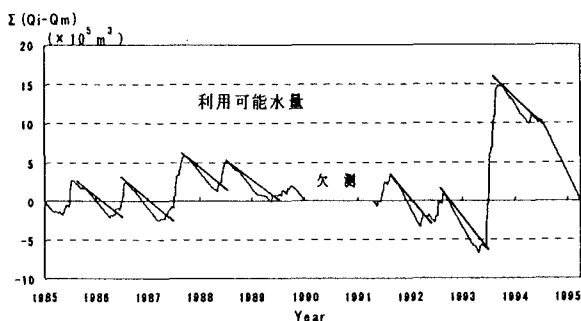


図-5 マスカーブ