

川内川河口部における塩水遡上について

九州大学大学院

学生員 孫 双科 安達 貴浩

建設省川内川工事事務所

正会員 上杉 達雄 松岡 弘文

九州大学工学部

正会員 小松 利光 朝位 孝二

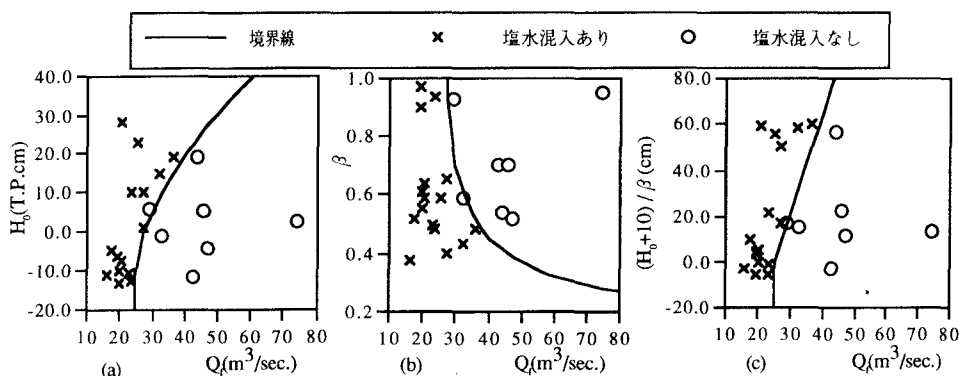
1. まえがき

川内川は九州西南部に位置し、幹川流路延長137kmに及ぶ九州地方で2番目に大きな河川であり、その流域面積は1600km²、流域人口は約20万人である。川内川の河川水は上水及び工業用水、農業用水として利用されている貴重な水資源であるが、ここ数年河口より16.6km上流に位置する丸山共同取水口において、時折り上水道基準値である200mg/lを越える高濃度の塩水混入水が取水されている。またこのような塩水混入が発生するのは、河口の潮汐が小潮から2、3日後の若潮時であることが報告されている。

最近、著者らは得られた実測データの解析から若潮時にのみ塩水混入が発生する原因を究明し、塩水混入の有無と上流側からの淡水流量、河口の平均海面高ならび潮位波形との関係を定量化した。この判定式を使うことにより、取水口への塩水混入の有無を予測することができるようになった。本文ではその具体的な予測手法について述べる。

2. 塩水混入の有無の定量的判断法

川内川への塩水侵入ならびに取水口への塩水混入を規定する支配的な要因としては、まず第一に河川水流量 Q_f が挙げられる。また海域における平均水位 H_0 も無視できない物理量であろう。Burgh²⁾は実地観測のデータを使って、塩水侵入長と平均水深の3乗とが比例していることを見出した。このことから、水深に僅かでも変化があると塩水侵入長が大きく変化することがわかる。そこで、横軸を Q_f 、縦軸を H_0 (T.P.cm、若潮時の平均値を使う)として若潮時における塩水混入の有無に関してplotして図1(a)に示す。図1(a)からも明らか

図1 取水口に塩分混入の有無と Q_f 、 H_0 、 β との関係

なように、塩水混入の有無を決定する量として H_0 が無視できないことが分かる。一方、川内川河口部の潮位データをみると、小潮時や若潮時に双子山の潮位波形がよく見られるが、この変動パターンも大きく影響していると思われる。例えば図2の模式図において、 H_1 、 H_2 が H_3 、 H_4 に較べて小さければ、細線で示されるような周期2倍の潮汐変動に近づくことになり、高潮位の継続期間が長くなるため塩水侵入を大きく

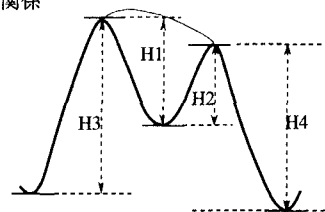


図2 双子山の潮位波形

助長することになる。そこで、潮汐変動パターンの日潮不等の程度を表すパラメータとして $\beta \equiv (H_1+H_2)/(H_3+H_4)$ を導入する。 $\beta \rightarrow 1$ で通常の正弦波に近い波形、 $\beta \rightarrow 0$ で合体した倍周期の変動を表す。図1(a)と同様に若潮時における塩水混入の有無と Q_f 及び β との関係をplotして図1(b)に示す。

図1(a)、(b)より塩水混入の発生の有無の間に明瞭な境界が存在していることが認められ、平均水位 H_0 が高い程、また β の値が低い程塩水混入が起こりやすいことが分かる。定式化すると、 Q_f - H_0 図上の境界線は、

$$H_0+10=5.86(Q_f-25)^{0.6} \quad (1)$$

$$Q_f-\beta \text{ 図上の境界線は、} \quad \beta=1.33(Q_f-25)^{0.4} \quad (2)$$

で近似できることから、 H_0 、 β 、 Q_f という3つの水理条件の間には、式(1)、(2)より

$$(H_0+10)/\beta=4.4(Q_f-25) \quad (3)$$

の関係があることが分かる。ただし、 $Q_f<25(\text{m}^3/\text{sec.})$ のときは、いかなる H_0 、 β に対しても塩水混入が発生する可能性が高い。

$(H_0+10)/\beta$ と Q_f との関係を図1(c)に示す。 H_0 、 β 、 Q_f という3つの水理条件を用いると、若潮時の塩水混入の有無を精度良く判別できることが分かる。

3. H_0 と β の評価

上の(3)式で塩分混入の有無を予測するとき、 Q_f 、 H_0 及び β を予測しなければならない。 Q_f は水文学の手法で一応予測が可能であるが、 H_0 と β は潮位変動と関連する量であるので調和解析が必要となる。

よく知られているように、潮汐には天文潮と気象潮二つの成分があり、天文潮は天体の位置による様々な周期成分が組み合わさったもので調和解析から得た調和定数を用いて計算できるが、気象潮は気象条件によるもので日々変化しておりその予測は容易ではない。図3に示されているのはH6年とH7（1～6月）の月平均海面高であり、かなり大きい変化を示している。これは海水濃度、気圧、風及び海流などの季節変化によるものと思われる³⁾。また、長崎沿岸の平均潮位も同様の傾向性とオーダーで変化している。

3-1 調和解析 天文潮に対して、様々な周期成分の大きさを知るためには、調和解析が必要である。ここで、最小二乗法⁴⁾を利用して、H6年とH7年の潮位データに対して調和解析を行った。解析に当り、潮位データが十分長いという訳ではないので誤差をできるだけ小さくするため、生の潮位の変動データからトレンド成分(気象潮成分)を除く必要がある。ここでは、移動平均法でトレンド成分を計算した。また比較検討の結果、移動平均のデータ間隔は2か月にした。この結果を図4に示す。調和解析には24分潮⁵⁾を採用し行った。

3-2. 潮位トレンド成分の決定 図3と図4を比べてみると、平均潮位変化の傾向性及びそのオーダーはほぼ一致している。従って、潮位データのトレンド成分を評価する時には潮位の月平均値（月平均潮位の多年アンサンブル平均値を使うのが望ましい）を使って十分な精度を得られると言えよう。

塩分混入の有無の予測には、まず潮汐表を使って今後の若潮の時期を決定し、調和定数を用いて、各分潮成分を合成する。これと潮位データのトレンドと加え合わせると予測潮位変動になる。この予測潮位変動から H_0 と β が計算できる。

4. 結論

川内川の取水口の塩水混入は Q_f 、 H_0 と β に依存しており、これらの量を用いて塩水混入の有無が予測可能となった。 H_0 と β を計算するための予測潮位変動を求めるとき、天文潮に対して24分潮で調和解析した調和定数を、気象潮成分に対して月平均潮位或は月平均潮位の多年平均値を使って精度良く予測できることが判明した。今後は、予測式の精度の一層の向上に努めたい。

【参考文献】 1) 小松利光・上杉達雄・孫双科・安達貴浩ら：川内川河口部における塩分遡上について、水工学論文集、1996.3 2) Burgh, P.V.D.(1968). Prediction of the extent of saltwater intrusion into estuaries and seas, Journal of Hydraulic Research, Vol.6, No.4, p.270 3) 宇野木早苗著：沿岸の海洋物理学、東海大学出版、1993年10月、pp314～326. 4) 水理公式集、土木学会、昭和60年版、pp.556～558

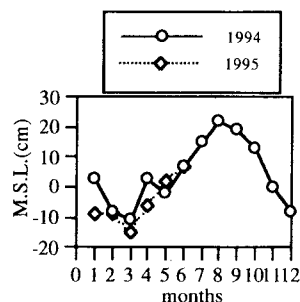


図3 月平均海面高の季節変化

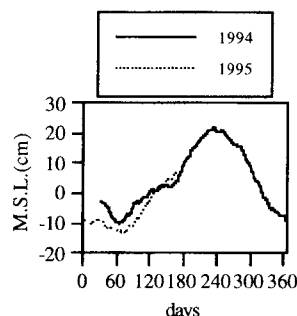


図4 移動平均後の平均海面高の日変化