

徳島大学工業短期大学部 正会員 細井由彦

同 上 正会員 村上仁士

徳島大学大学院

学生員 大東正男

1.はじめに 筆者らは徳島市内を流れる河川の水質変化の特性について検討を進めている。図-1はその対象としている河川の概要であるが、典型的な強混合型の感潮河川であり、考察の過程でつねに潮汐の影響を念頭におく必要がある。しかし研究を進めていくうちに、水質の伝播および時間変動のパターンに、卓越的な半日周期による効果では説明できない現象が存在することが、つぎつぎと明らかになった。そこで、図-1に示すA、Bの両点で10分間隔の詳細な観測を行なった。その結果、当該河川には明瞭な副振動が生じており、それが流動、水質に大きな影響をおよぼしていることがわかった。

2.流動特性 水位および流速の測定結果の例として、A点におけるものを図-2に示す。水位変動をみると、卓越した半日周期に短周期成分が重なっていることがわかる。流速では、下げ潮時にもかかわらず上流側に流れたり、上げ潮時に下流側に流れる場合があることがわかる。(流速は下流に向かって流れるときを正とする。)

潮位の短周期変動と流速との関連をみるために、10分間の潮位の平均変化率 $\frac{1}{10}(h(t+10) - h(t))$ とそのときの平均流速 $\frac{1}{2}(u(t) + u(t+10))$ との関係を、上げ潮時および下げ潮時に区別して示したものが、図-3である。下げ潮時にもかかわらず潮位の変化率が正となることがあり、その場合には流れも上流に向いている。上げ潮時には、下げ潮時ほど顕著ではないが、正反対の傾向がある。このように当該河川には短周期の副振動が存在し、それが流速に大きな影響を与えていることが理解できる。

このような水位と流速の時系列データに対して、それぞれの自己相関係数や両者の相互相関を求めて卓越周期を求めるとともに、調和解析によりそれらの周期成分を計算して、原データより除去するという作業を順次くり返していった。¹⁾ その結果水位および流速の、周期関数による表現としてそれぞれつぎのような式を得た。

$$h_A(t) = h_{A0} + 42.7 \cos\left(\frac{\pi}{70}(t-20)\right) + 7.3 \cos\left(\frac{\pi}{30}(t+10)\right) + 0.5 \sin\left(\frac{\pi}{20}t\right) \quad (1)$$

$$u_A(t) = 6.4 + 16.5 \cos\left(\frac{\pi}{70}(t-190)\right) + 30.4 \cos\left(\frac{\pi}{30}(t-20)\right) + 5.2 \sin\left(\frac{\pi}{20}t\right) \quad (2)$$

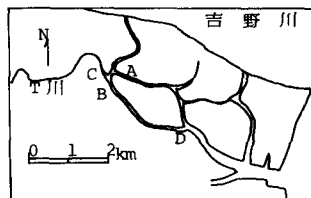


図-1 河川の概要

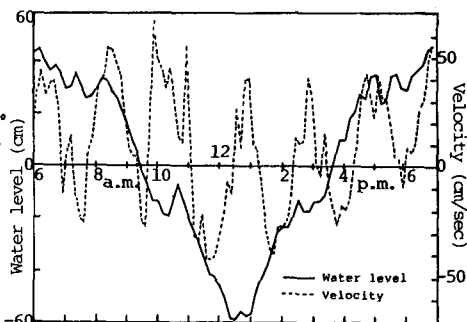


図-2 A点における水位、流速

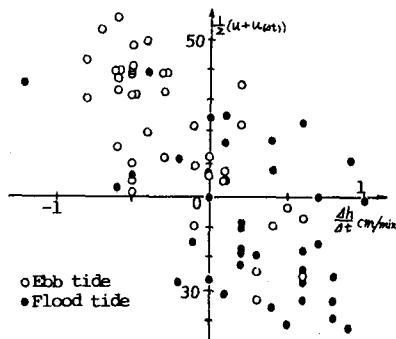


図-3 水位変化率と流速

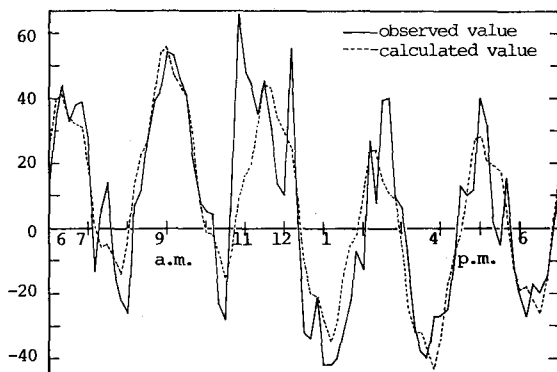


図-4 A点における流速の観測値と式(2)による計算値

$$h_B(t) = h_{B0} + 41.7 \cos\left(\frac{\pi}{370}t\right) + 70 \cos\left(\frac{\pi}{80}(t+20)\right) + 0.3 \cos\frac{\pi}{20}t \quad (3) \quad u_B(t) = 1.0 + 6.8 \cos\left(\frac{\pi}{370}(t-150)\right) + 8.8 \cos\left(\frac{\pi}{80}(t-20)\right) + 1.2 \sin\left(\frac{\pi}{20}t\right) \quad (4)$$

h_{A0}, h_{B0} : 平均水位, t : 午前6時からの経過時間(単位: 分), 水位の単位は cm, 流速の単位は cm/sec

一例として, 式(2)で示される A 点の流速を観測結果とともに図 4 に示す。

式(1)~(4)の第 2 項は半日周期によるものを示し, 第 3 項および第 4 項は考察の過程で明らかになった, それぞれ 160 分, 40 分の周期をもった副振動に依存する項である。水位と流速との間には各周期成分ともにほぼ 90 度の位相差があり, 物理的にも両者の因果関係が明らかである。

つぎにこれらの副振動の周期について考察する。一端が外海に通じた河口端を有する水路や湾の水の固有振動周期を T とすると, 次式がなりたつ。

$$T = 4l / \{(2m-1)\sqrt{g/h}\} \quad (5) \quad l: \text{水路・湾の奥行き}, g: \text{重力加速度}, h: \text{水深}, m: \text{自然数}$$

地形的に判断して, 図-1 の C 点と河口との間で振動するとして, この間の距離 5 km と D 点で測定した平均水深 5 m を式(5)に代入し, $m=0$ とおくと T は 48 分となる。実際は D より河口に行くにつれ水深は大きくなると思うるので, $h=7\sim 10$ m を代入すると $T=40\sim 33$ 分となる。このことから短い方の副振動は当該河川の固有周期によるものと考えることができる。

160 分の周期については, 当河川で種々検討してみたがいずれもこれほどの長い周期にはならなかった。そこで水門(常時開門されている)を通してつながっている吉野川について考えてみた。吉野川では, 河口より 14.5 km 上流に設けられた堰より下流においては急曲した箇所はない。河床勾配は $1/1000$ とならうので, その間の平均水深は約 3.8 m である。式(5)に $m=0, l=14500$ m, $h=3.8$ m を代入して計算してみると $T=158$ 分となる。これはさきの副振動周期 160 分に一致している。このことから考えて, 吉野川も副振動が存在し, それが水門を通して当市内河川へも影響をおよぼしているものと推察される。吉野川の水質はたいへんよく, 市内河川の水質浄化を考える上で, このことは注目に値する。

3. 潮位変動の水質変化におよぼす影響 図 5 には A, B 両点の DO の時相変動を, 図 6 にはその自己相関を示した。両図から判断して, A 点では 160 分周期の副振動が, B 点では半日周期の影響が大きいと言える。当水系では B の西の T 川が極端に汚染されており, DO も低い。B 点は T 川の直下流であるため, その水の流入と河口からの DO の豊富な海水の混ざり, DO の変動を支配していると考えられる。そのために水量に圧倒的な割合を占める半日周期の効果が強く現われる。これに対して A 点に T 川の水が到達するには 2 度の分岐を経ており, 分岐部における流量配分が A 点の DO 変化には支配的であると考えられる。したがって運動量の中に大きな割合を占める 160 分周期の副振動の効果が大きく現われている。

4. おわりに 本研究では徳島市内河川をとりあげて, 潮位変動が水の流動や水質変化に与える影響を検討した。とくに副振動の効果について強調した。研究進行上御協力いただいた栗本勝利(飛鳥建設), 中内優志(大旺建設)および本学の玉川康弘の各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 村上仁士, 細井由秀, 栗本勝利, 中内優志: 徳島市内河川の流動特性と水質変化, 土木学会中部地区支部講演会, 1982。
- 2) 村上仁士: 湾水振動, 土木学会水工学会に関する夏期講習会, BJ-2, 1982。

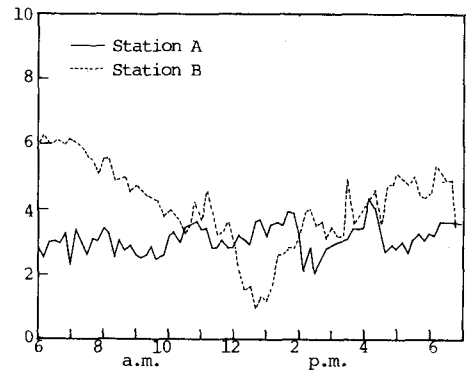


図-5 DO の観測結果

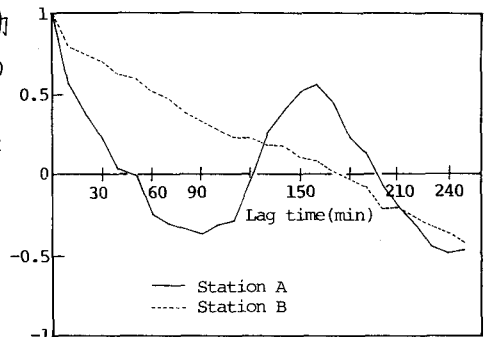


図-6 DO の自己相関係数