

感潮河川における塩分と流速について

愛媛大学工学部 正 員 神沼忠男

“ “ “ 伊福 誠

“ “ “ 井内国光

1. まえがき

都市は、河川の流域に発達し、その発展は水によって制約されていることを著すると河川に受ける恩恵はあまりにも膨大である。潮汐変動の影響を受ける感潮河川においては、河川水中の含有塩分量が増加すると、河川水は、工業用水、農業用水および飲料水として用をなさなくなり、農作物および工業機械などに対する塩害という結果を生むことになる。したがって、感潮部における河川水の挙動を調べ、混合による物質輸送の機構を解明していくことが必要になる。こうしたことから、愛媛県喜多郡長浜町の肱川において、河口より約7 km上流の白滝橋付近に2成分の電磁誘導型流速計(MARSH-McBIRNEY社製)を2台設置し(図-1)、河川水の混合状態についての基礎的資料を得ようとしたものである。

なお、観測は昭和56年9月12日および18日の両日に、それぞれ、約4時間および6時間実施した。また、流速計の設置点において電気水位計を使用し、河床から表面まで0.2 m間隔で15分おきに測定した。2台の流速計のうち上部の流速計は河床から77 cm、下部のそれは、河床より35 cmの位置にある。

2. 解析結果

流速記録の読み取り間隔および読み取り個数は、それぞれ、0.2 sec および 2048 個であった。

図-2 (a), (b) は、それぞれ、9月18日10時50分および12時50分付近の流速資料を示したものである。(a)は、主流方向の流れが、下流から上流へ向かう上げ潮時のものであり、主流方向の成分には、10数分程度の周期の変動幅が約6 cm/sec であるかなり周期の長い変動の上に数秒から数十秒の短い周期を持つ変動成分が乗っている。また、横断方向の成分および鉛直成分には、長周期の変動成分は、ほとんど見られないが、短周期の変動成分は、主流方向とほぼ同じ程度のものが見られる。(b)は、主流方向の流れが上流から下流へ向かう下げ潮時の時刻の資料である。この図をみると、(a)と同様、主流方向の成分には、長周期と短周期の変動成分、また、横断方向および鉛直成分には、短周期の変動成分が存在し、短周期の変動幅は、3方向成分とも(a)のそれより大きいことがわかる。主流方向の成分には、長周期の変動成分が存在し、逆流から順流へ流れが逆転する際でも、10分程度の周期的な変動をしながら逆転していることがわかる。また、短周期の変動成分は、上げ潮時および下げ潮時に存在するが、満潮時に流れが逆転する際には、ほとんど存在しないことがわかる。

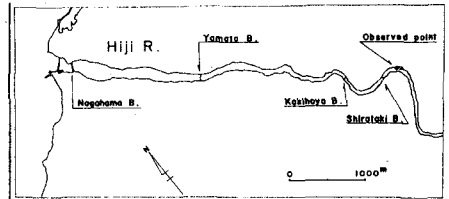
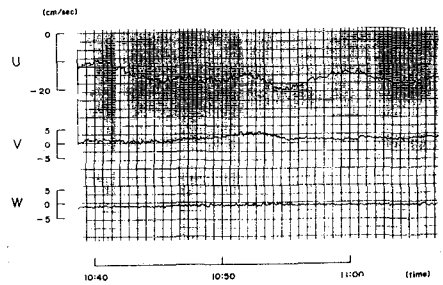
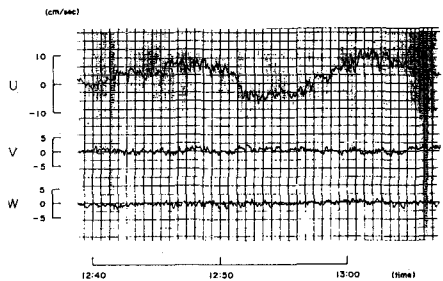


図-1 観測点



(a)



(b)

図-2(a), (b) 流速資料

図-3は、主流方向、横断方向および鉛直方向の平均流速の経時変化を示したものである。この図をみると、主流、横断および鉛直方向の平均流速は、それぞれ、 $-23.8 \sim 42.9 \text{ cm/sec}$ 、 $-3.9 \sim 2.3 \text{ cm/sec}$ および $-1.5 \sim 0.9 \text{ cm/sec}$ の範囲にある。また、9月12日には、主流方向の流れは、水位が上昇するのとはほぼ一致して、流速は、減少し始めの16時40分頃には静止し、その後、下流から上流へ逆流していることがわかる。横断方向の流れは、水位の上昇につれて、右岸から左岸への流れが大きくなっている。9月18日では、9月12日とはほぼ似た傾向を示しているが、主流方向は、11時30分頃の水位のピーク時、静止状態となり、その後、上流から下流へ向けて流れている。

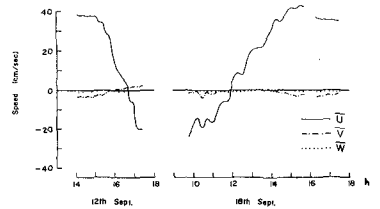


図-3 平均流速

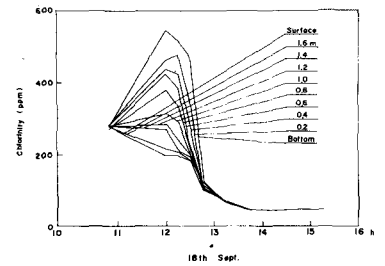


図-4 塩素イオン濃度

図-4は、9月18日の満潮時から下げ潮時にあたる11時から15時までの塩素イオン濃度の経時変化を水深ごとに示したものである。この図をみると、11時には各水深で塩素イオン濃度は、ほぼ同一の値を示しているのに対して、12時には、表面と河床での塩素イオン濃度の差は 410 ppm である。その後、時間が経過するにつれて各水深での塩素イオン濃度は急激に減少し、その減少の割合は河床付近ほど大きく、13時には、すべての水深でほぼ同一の値を示している。詳細にみると、河床から 1.2 m までは11時から12時にかけて塩素イオン濃度は大きく下がっているが、 1.4 m 、 1.6 m および表面の塩素イオン濃度は、徐々に小さくなっている。河床から 1.2 m にかけて塩素イオン濃度の通が小さくなる11時から12時までは、主流方向の流れが逆流から順流へ変化する時間であり、流速資料をみると短周期の変動成分が減少していることがわかる。11時に、各水深での塩素イオン濃度が、ほぼ同一の値を示しているのは、鉛直混合によるものではないかと思われる。

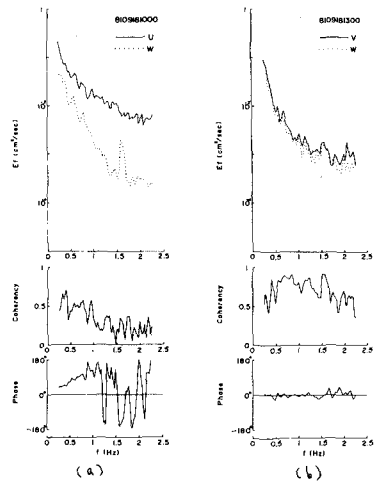


図-5(a), (b) パワースペクトル, coherency, phase

図-5(a), (b)は、それぞれ、逆流時における主流成分と鉛直成分および下げ潮時の横断方向成分と鉛直成分との関係を示したものである。(a)をみると、coherencyは 0.4 Hz 付近で最大で、その値はほぼ 0.7 であり、位相差は、 $0.25 \sim 1.20 \text{ Hz}$ の周波数帯において周波数が小さくなるにつれて、約 40° から 170° まで徐々に大きくなっている。(b)をみると、横断方向と鉛直成分のパワースペクトルは比較的よく似ており、coherencyは $0.5 \sim 1.4 \text{ Hz}$ 付近でかなり大きい値を示し、位相差は全周波数帯でほぼ 0 であることがわかる。

パワースペクトルは、逆流時には方向成分とも、ほぼ 1 Hz 以下の周波数帯で周波数の -2 乗から -3 乗に比例し、順流時には、主流方向および鉛直方向成分は、ほぼ、周波数の -4 乗に比例し、横断方向成分は周波数の -3 乗に比例することがわかった。さらに、逆流時の低周波数帯のスペクトル特性を調べるために、100分間の資料を 5 sec 間隔で読み取り、周波数の $-5/3$ 乗と比較したものが図-6である。この図をみると、3方向成分とも 0.01 から 0.1 Hz の低周波数帯においてほぼ Kolmogorov の $-5/3$ 乗に比例していることがわかる。

今後、感潮部における物質輸送の機構を解明するために、混合の状態をさらに詳しく調べる必要があると考える。

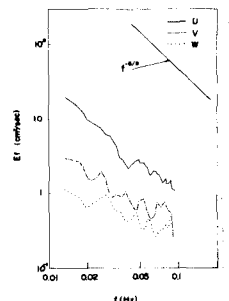


図-6 $E f^{-5/3}$ の関係