

潮差の変化に伴う河口部塩水侵入の応答特性

九州大学工学部 学生会員 ○田吹泰孝 フェロー 小松利光
九州大学大学院 学生会員 安達貴浩 朝田 将 室永武司

1. はじめに

河口感潮域において塩水が侵入し混合する形態は、強混合型、緩混合型および弱混合型と大きく3つに分類される。同一河川の混合形態は主に河口潮汐の大きさにより決定されており、例えば、川内川においては潮差が約3mの大潮時には強混合形態、潮差が1m程度の小潮時には弱混合形態の塩水侵入が形成されている。潮差の変化に起因した上記のような混合形態の変遷に伴い、塩水侵入も著しく変化し、独特の非定常変動を示している。

本研究では、川内川河口部において得られた現地観測データを用いることにより、潮差の変化に伴う塩水侵入の非定常変動特性について調べた。

2. 現地観測概要

川内川では、河口より12.6km上流の天大橋、17km上流の白浜橋の2地点において自動測定装置が設置され、平成6年以降連続的な定点観測が行われている。更に、平成8年以降、河口より2km、10.7km、13.6km、15.0km、16.5km上流の地点において自記塩分計が新たに設置され、現在では合計7地点で観測が行われている。各観測地点毎に、塩素イオン濃度ならびに水温の鉛直分布(表面、TP1.0m~4.0m区間1.0m毎)、水位が毎正時計測されているが、機械の故障等による欠測が多く見られる。また、潮位変動は河口より1km上流の久見崎検潮所において、河川流量は河口より18.3km上流の斧淵流量観測所において計測されている。

3. 川内川の塩水侵入の変動特性

得られた観測結果の一例として、1996年10月における小潮時から若潮時にまでの塩素イオン濃度の鉛直分布を図-1に示す(図中の z 座標は、各測定点の水表面を原点とし、鉛直下向きにとる)。この結果を見ると、大潮付近においてはそれほど塩分の侵入は大きくないが、潮差が小さくなるにつれて塩水侵入が弱混合形態で増大していることが分かる。また、この期間において、潮差は小潮2日目の10月17日において極小値をとっているが、それより1日後の小潮3日目において塩水層厚も下層の塩素イオン濃度も最大となっている。他の観測地点においても同様の結果も得られており、潮差の変動と下層の塩素イオン濃度との間には強い相関があることが示唆される。

上述のような潮差と塩素イオン濃度の間の関係を定量的に評価するために、1時間毎の久見崎の潮位

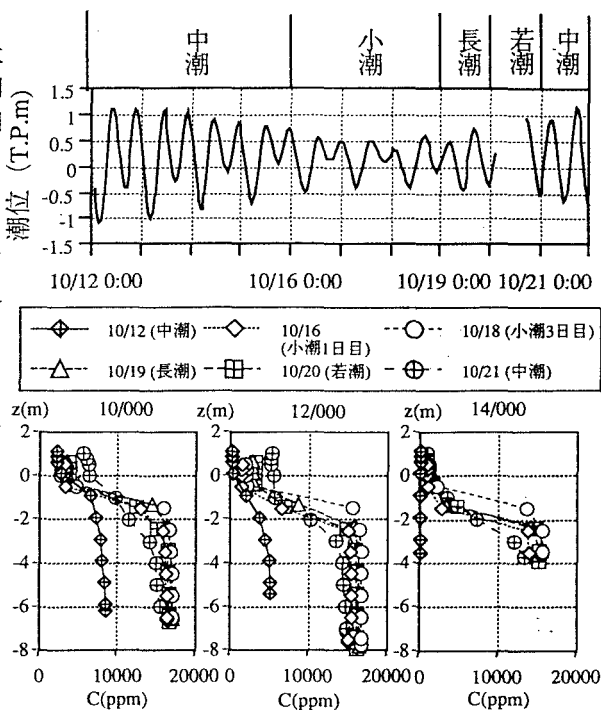


図-1 1996年10月の久見崎潮位の経時変化と塩素イオン濃度の鉛直分布

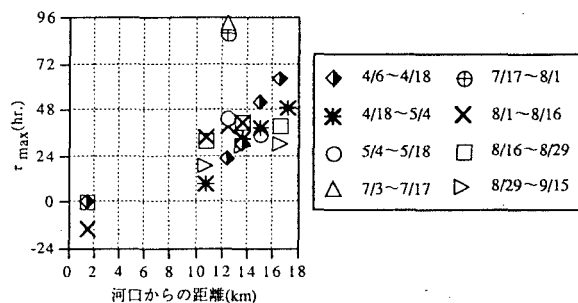


図-2 τ_{max} の空間分布

変動の内24時間以内の周期成分の変動の強さ W と塩素イオン濃度を24時間の時間幅で移動平均して得られた値 C との相互相関係数 R_{wc} を求めた。 W が極大値 W_{max} をとる日時を大潮の代表時刻とし、 W_{max} から次の W_{max} までを1つの期間として、 R_{wc} が負のピーク値をもつときの遅れ時間 τ_{max} を調べた。各期間の τ_{max} の空間分布を図-2に示す。この結果を見ると、河口付近では遅れは見られず、塩分濃度が潮差の変化に追従し変化していることが確認できる。また、期間毎に多少のばらつきが見られるものの、上流地点においては潮差の変化に対し塩水侵入は1日～3日程度遅れを示し、同一期間においては河口から遠ざかるにつれてほぼ線形的に遅れ時間が大きくなっていることが分かる。

この遅れのメカニズムを解明するため、遅れ時間の程度を決定する要因について検討を行った。まず、河口から7 km上流の地点から観測地点までの河川の体積 V (V は W が極小値 W_{min} をとる日時の潮位データをもとに求めた値)と遅れ時間との関係を調べた(図-3)。図-2の結果と同様、期間毎の τ_{max} の空間的な変化に違いがみられるものの、 V が大きくなるにつれて線形的に遅れ時間も増大していることが分かる。潮差の減少に伴い海域から海水が侵入し、潮差の変化に応じたバランス状態が下流側から形成されていくが、上流にいくに従ってバランス状態を形成するのに入れ替わるべき流体の交換量に海水の供給が追いつかなくなり、このような結果が得られたものと考えられる。また、川内川には河口より16.4 km地点に比較的大きな深掘れ部が存在しているが、河口からの距離に対する τ_{max} の変化は深掘れ部で急激に変化しているわけではなく、 V に対するものと同様に線形的な変化を示していることから、深掘れは塩水侵入の1,2日の遅れに対してほとんど影響しないと見なすことができる。

次に、 τ_{max} の空間的な変化の違いの原因を調べるため、各期間毎に τ_{max} の空間分布の近似直線の傾き $Grad$ を求め、得られた $Grad$ と潮差の変化の代表量との関係を調べた。潮差の変化の代表量としては W_{max} 、 W_{min} 、 ΔW 、 $\Delta W / (W_{max} + W_{min})$ の4つを考えた。ただし、 ΔW は W_{max} と W_{min} の差を表した量である。得られた結果を図-4 (a)～(d)に示す。図-4

(a)～(c)を見ると、 W_{max} 、 W_{min} といった潮差そのものの値や潮差の変化の絶対値 ΔW と塩水侵入の遅れ方との間には依存関係が見られない。一方、 $\Delta W / (W_{max} + W_{min})$ に対して $Grad$ は線形的に増加する傾向が見られる(図-4 (d))。この結果より、空間的な遅れ時間の変化は潮差そのものや潮差の変化量だけでは決定されず、大潮から小潮にかけての潮差の変化が大きく、なおかつ平均的に潮差が小さいときに最大の塩水侵入長出現の遅れが生じやすくなっていると言える。

4. 結論

本研究により以下のような知見が得られた。

- 1) 川内川河口部においては、下層塩素イオン濃度は潮差の変化に対し遅れて追従し、その遅れ時間は河口から遠ざかるにつれて大きくなる傾向性をもつ。
- 2) 河口より16.4 km地点にある深掘れ部は塩水侵入の1,2日の遅れに対してほとんど影響しない。
- 3) 期間毎の遅れ時間の空間的な変化は、潮差そのものと潮差の変化量の両方に依存している。

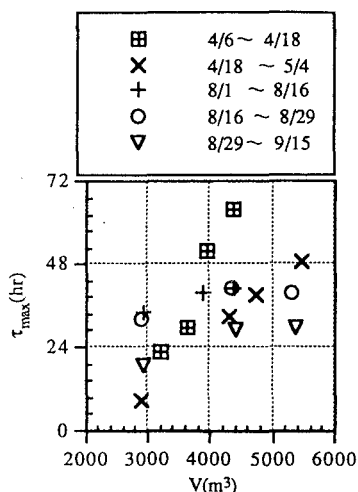


図-3 V に対する τ_{max} の変化

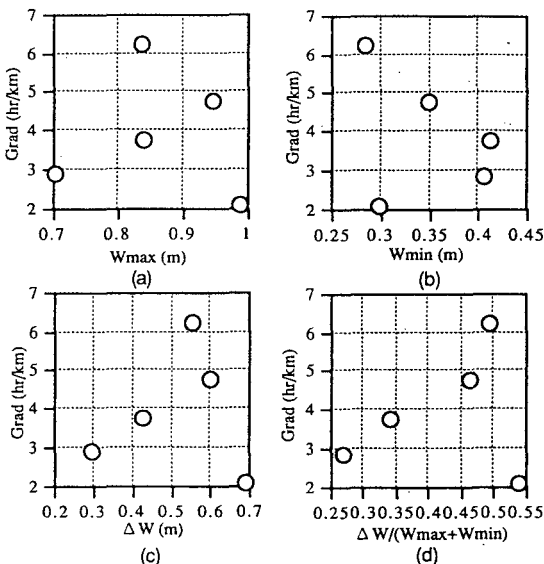


図-4 潮差の変化の代表量と $Grad$ の関係