

38. 海面上昇による塩水遡上特性の変化

ON THE CHANGE OF SALT WATER INTRUSION IN THE ESTUARY CAUSED BY SEA LEVEL RISE

田渕 幹修*・滝川 清**・蓑毛健太郎*・喜田正雄***

Yoshinobu TABUCHI, Kiyoshi TAKIKAWA, Kentaro MINOMO, Masao KIDA

ABSTRACT ; The characteristic of salt-water intrusion will change by sea level rise. This phenomenon could result in salt damage. So, it is important to clarify characteristics of salt-water movement to predict the intrusion. In this paper, it is attempted to represent all the mixing conditions of salt-water intrusion in the estuary by one model, which is based on a multi-layer flow of the one dimension. To verify the applicability of the model, numerical calculation is performed by using the data from Egawa and Murasaki Rivers. Results indicate that the model would be applicable to all the mixing conditions of salt-water intrusion in the estuary. And the salt water intrusion affected by sea level rise is simulated.

KEYWORDS ; sea level rise, salt water intrusion, estuary, simulation

1 はじめに

海面が上昇すると感潮河川の塩水遡上特性が変化し、利水のための取水阻害、河川生物の生育環境の変化、地下水の塩水化などを引き起こす可能性がある。しかし、これまで、このような塩水遡上の解析を手軽に行う解析法がなかったため、特に中小河川については、河川改修や海面上昇の影響についての解析例は少ない。

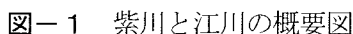
著者らはこのような問題に対応できるような数値解析法を開発した。この解析法の特徴として次のような点を挙げられる。①塩水遡上の混合形態（弱混合、緩混合、強混合）がどうであるかを意識しないで解析できる。河川形状や潮汐、河川固有流量などが与えられれば、たとえば、弱混合になる状況であれば弱混合の塩分濃度分布の解が得られる。②検証を十分に行っているので、適応する河川の値を用いた検証は必要でない。③流れ方向と水深方向に分割して計算格子を形成する、多層1次元の非定常解析法である。

検証計算は、塩分濃度、水温、水位の詳細な実測値が得られている北九州市の紫川と江川について行った。混合形態は、紫川が弱混合型に近い混合型を示す河川であり、江川では測定日や場所により緩混合型と強混合型のデータが得られている。

*熊本大学工学部 Faculty of Engineering Kumamoto University、**熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター教授 Research and Education Center of Coastal Environmental Kumamoto University、*** (株) リバー・デザイン (福岡市) River・Design Co.,Ltd.(Fukuoka City)

2 解析法の検証

1995 年 12 月 12 日（大潮）と 12 月 20 日（小潮）の調査結果（北九州市（1995））を検証データとして用いる。計算に用いた主な水理量は、大潮・小潮の順で、潮汐の振幅が 0.755, 0.36(m)で、Manning の粗度係数は 0.03 である。河川流量は 9 つの支川の合流地点で流域面積と 1 部の実測に基づく流出率による推定値を与えた。



混合形態が異なる場合の計算例を、図—2と図—3に示す。図—2は紫川の小潮満潮時の塩素イオン濃度と流速の分布で、弱混合に近い混合型となっている。図—3は、江川の大潮満潮時の塩素イオン濃度分布で、対応する実測値も図示している。濃度分布は強混合に近い。

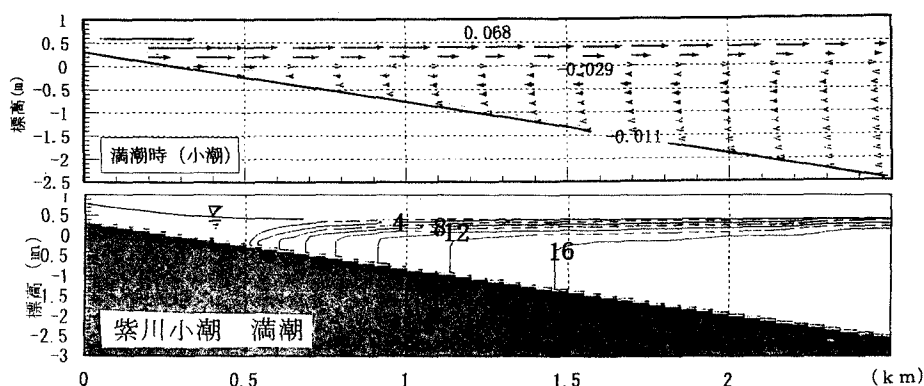


図-2 紫川の塩素イオン濃度（単位：パーミリ）と流速分布の計算結果（小潮満潮）

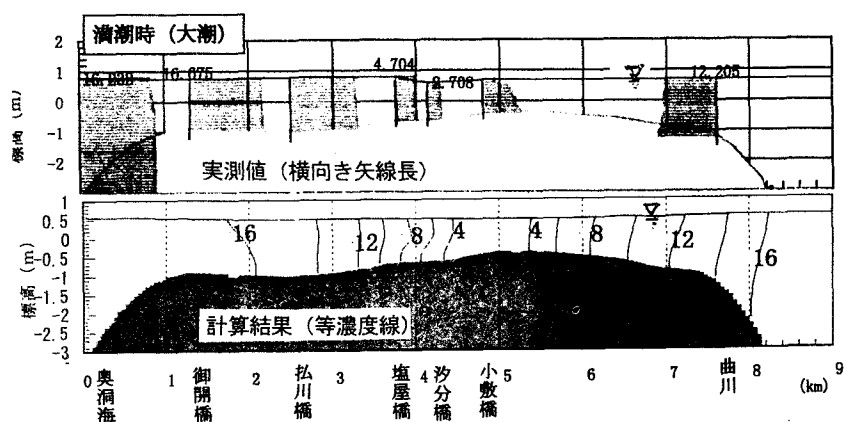


図-3 江川の塩素イオン濃度（単位：パーミリ）分布の実測値と計算結果（大潮満潮）

河川に固有な定数以外の計算式の定数は固定して計算しているが、異なる混合形態が自動的に計算されていることが分かる。

図-4～図-7は、観測地点の2割水深（上層）および8割水深（下層）での塩素イオン濃度の実測値と計算値の経時変化である。観測地点は図-1に示している。

これらの図に示される実測値と計算値はよく一致している。合っていないと見られる点もあるが、この原因には、モデルの不都合のほか、時間的変動を考慮していない固有流量（河川流量）など外部条件の不確かさ、点で捉える実測値と平均量の計算値の差などが考えられる。なお、江川の実測データは河川の中央と左右岸の3ヶ所で得られており、3ヶ所のデータ間で有意な差が無いことを確かめている。

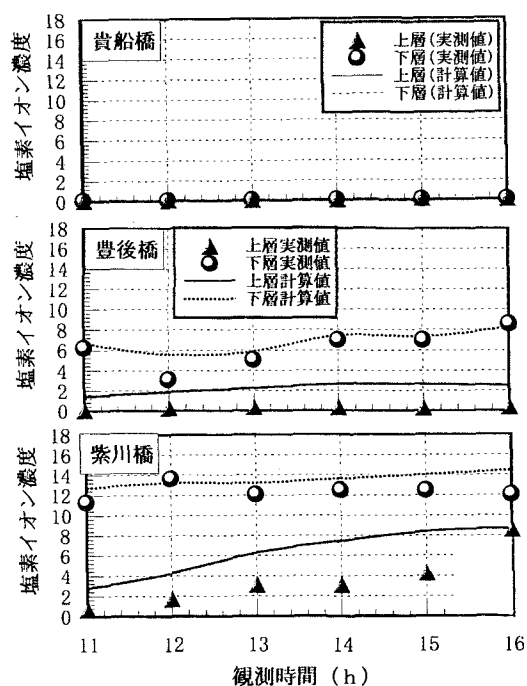
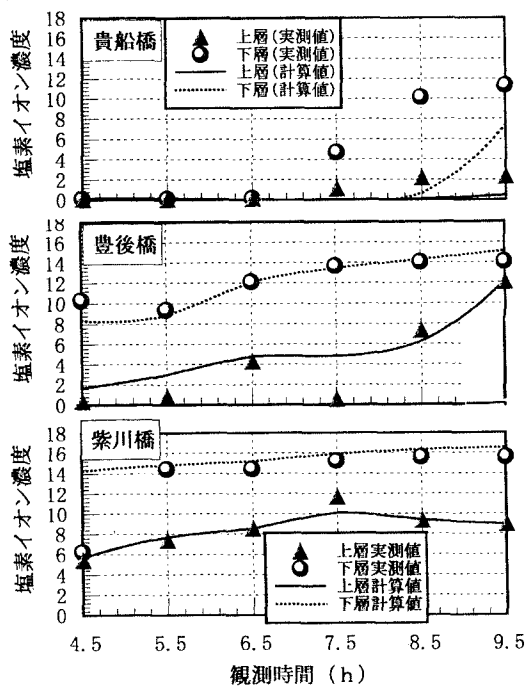
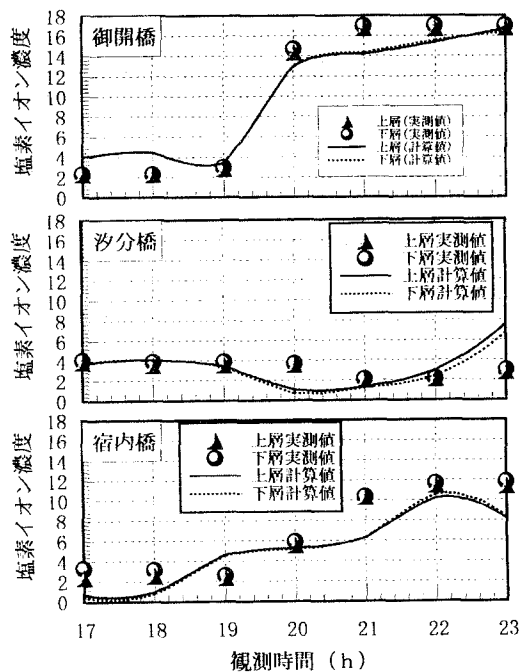


図-4 塩素イオン濃度の経時変化（紫川：小潮）



図—5 塩素イオン濃度の経時変化 (紫川：大潮)



図—6 塩素イオン濃度の経時変化 (江川：小潮)

3 海面上昇の塩水遡上に及ぼす影響

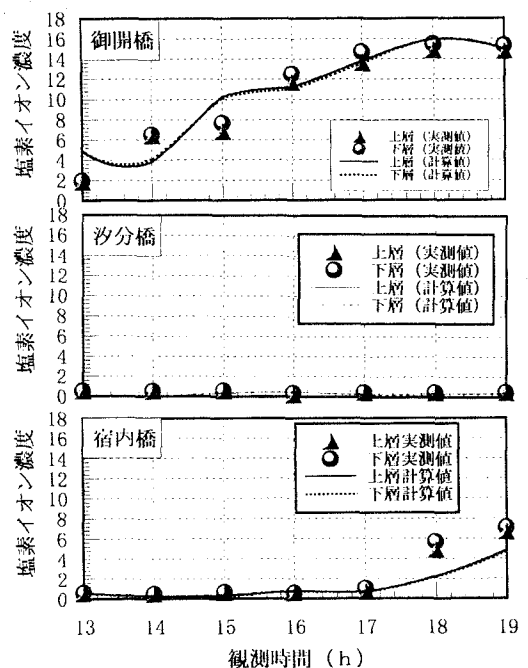
塩水遡上の特性に影響する要因には、主なものだけでも、河口の水深、河床勾配、潮位差、河川固有流量などがあり、今回はこれらに海面の上昇量が加わる。

言いかえると、塩水の遡上特性は河川毎に異なる。従って、これらの全てについて組み合わせを考えながら検討することは、労力の割には得るものが少ないと思われる。

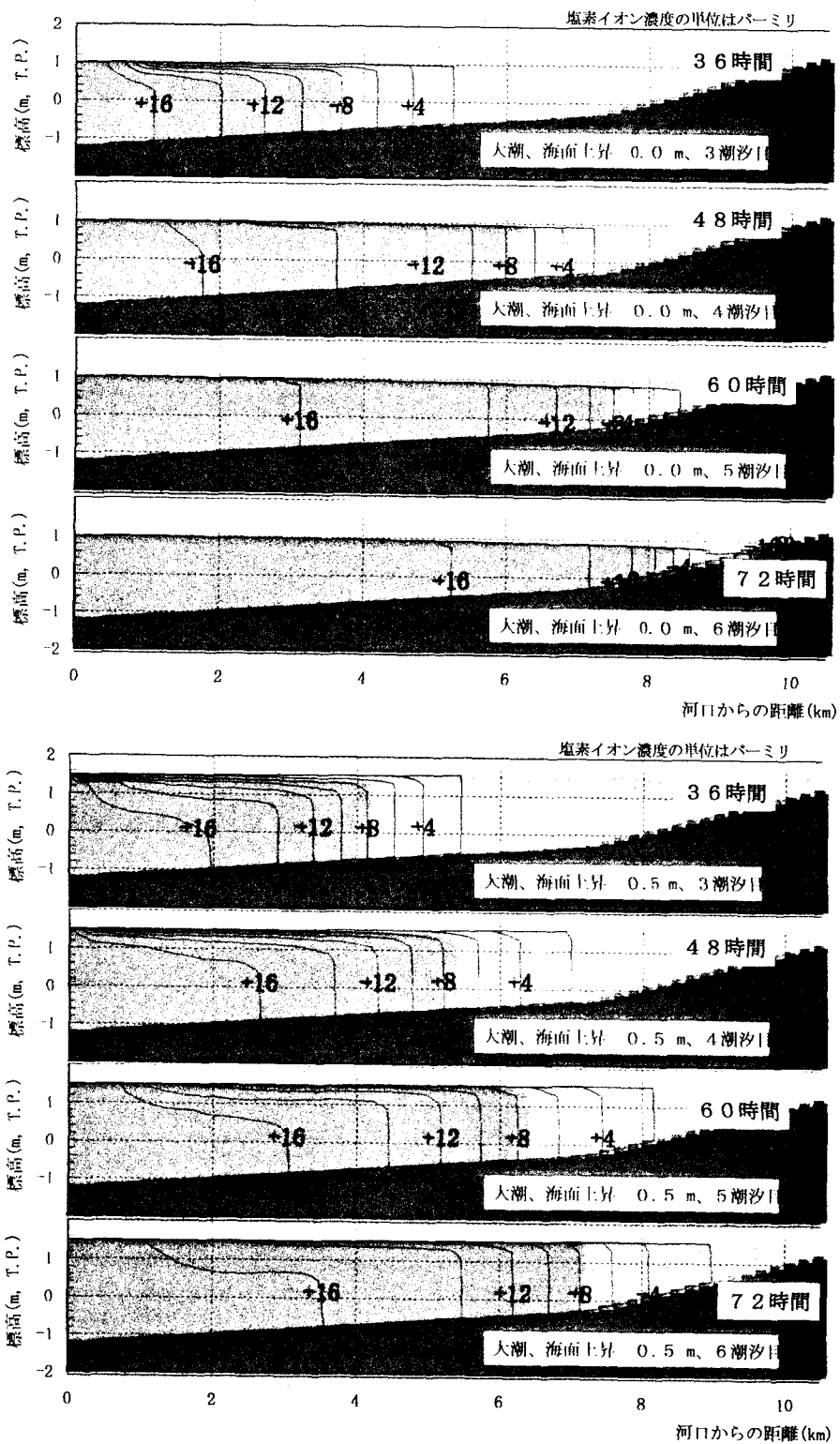
今回は、3つの河川モデルについて数値計算を行い、海面上昇の影響を受ける塩水遡上の基本的特性と思われる点を調べた。

3つのケースで共通しているのは、流れ方向の格子間隔を 200m、水深方向の分割数を 11、Manning の粗度係数 $n=0.03$ 、海側の境界条件としての塩素イオン濃度 17 パーミリなどである。

また、初期条件は、水位を満潮の水位とし、流量・流速、塩素イオン濃度 0 とする。これは出水で塩分がフラッシュされた状態に対応する。潮汐の周期を 12 時間としているので、計算開始 3 時間後の干潮時を経て、上潮になってから塩分は遡上し始める。

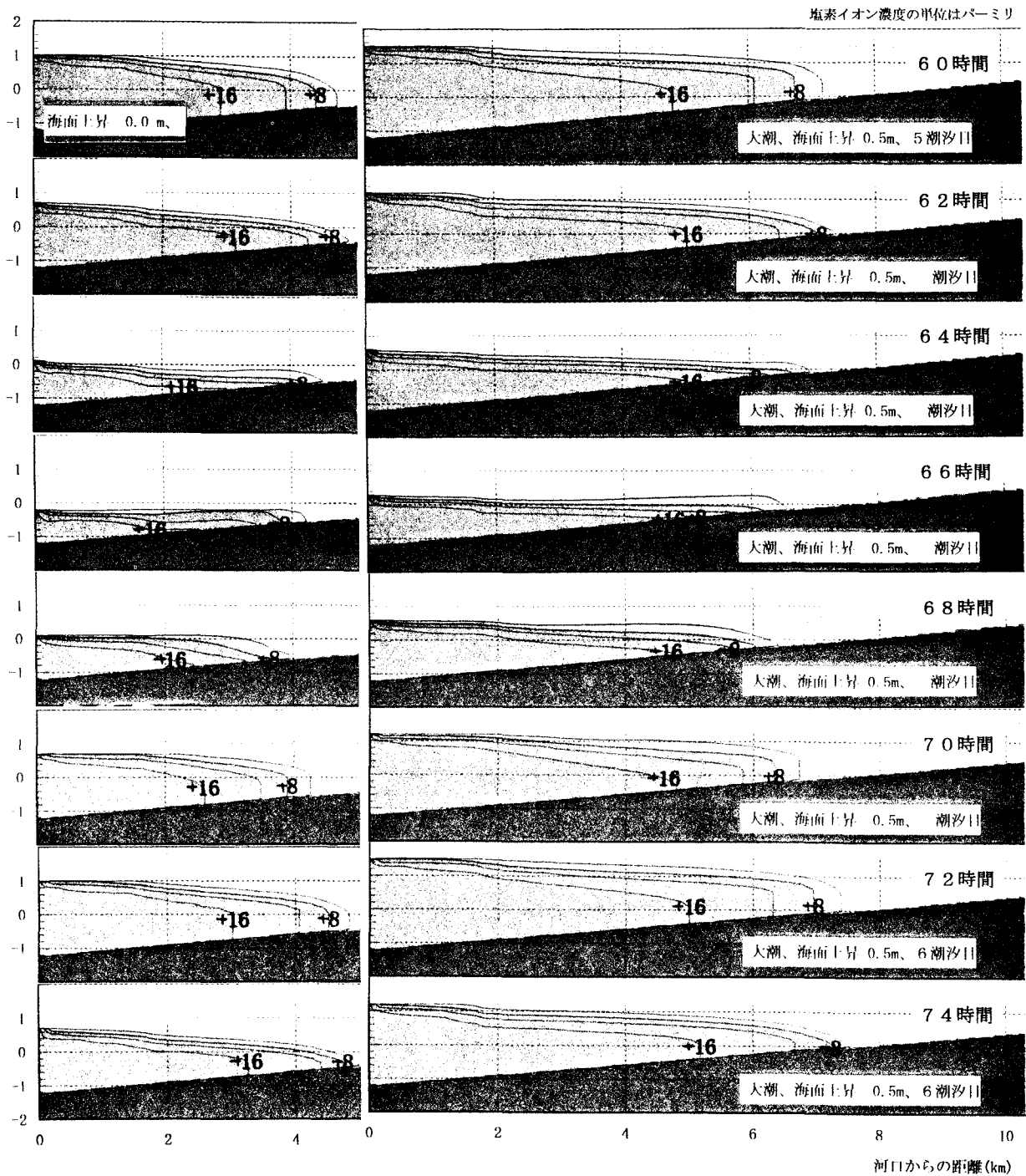


図—7 塩素イオン濃度の経時変化 (江川：大潮)



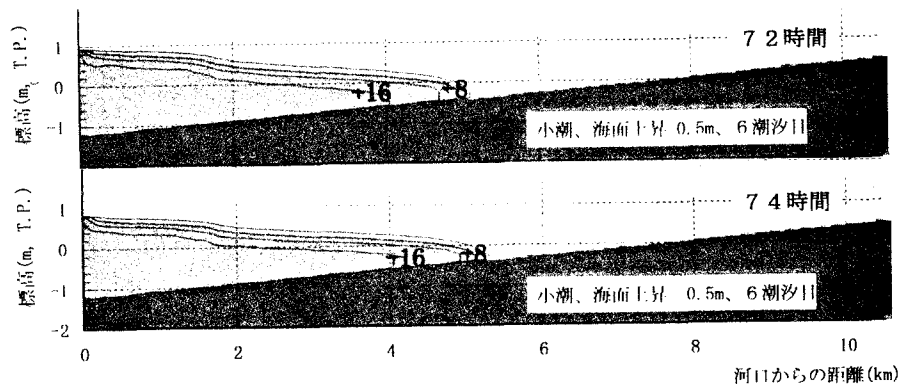
図—8 曲川モデルの塩水遡上に対する海面上昇の影響 (上図：現況、下図：海面0.5m上昇)
 — 河床勾配 下流 1/7704, 上流 1/2132, 河川固有流量 $4.0\text{m}^3/\text{s}$ —

図—8は曲川（北九州市）をモデルとした計算例である。強混合となっており、海面が上昇した方がフラッシュ状態からの回復が遅くなっている。図—9は、河床勾配を1／3000とし、河川固有流量を10 m³/sとした時の計算例である。曲川モデルとは違って、弱混合で海面上昇によって塩水の遡上距離は大きくなっている。図—8および図—9の潮汐は紫川と同じに設定し、大潮の場合である。

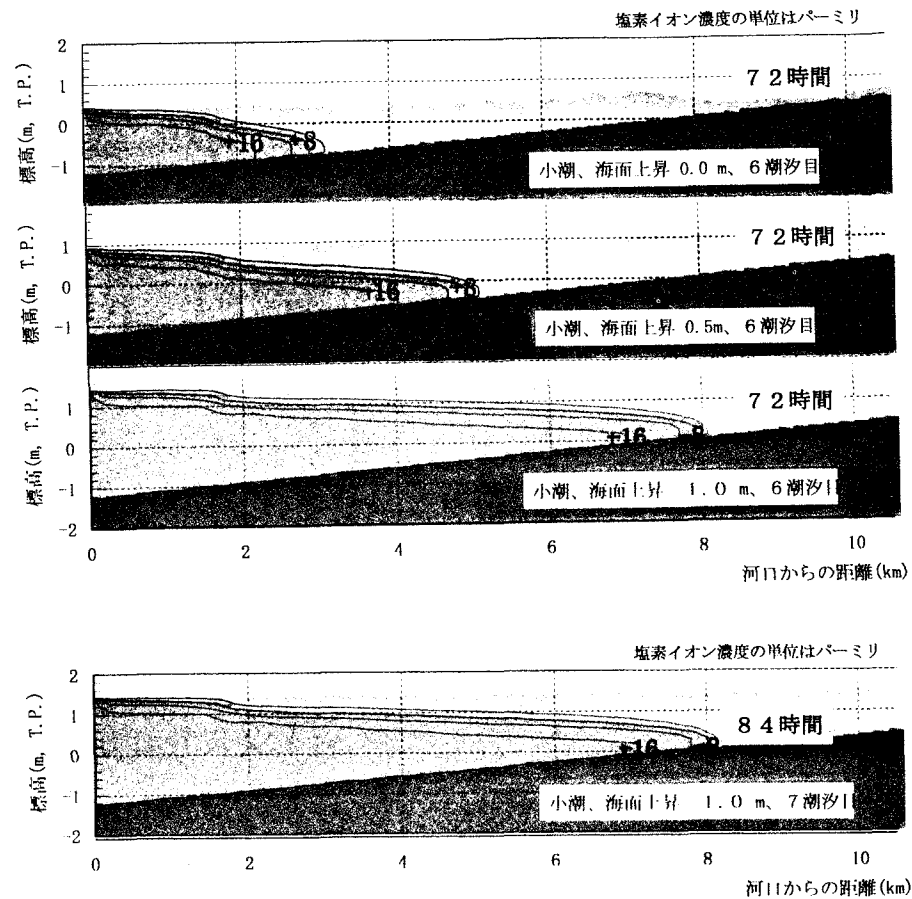


図—9 河床勾配1／3000のモデル河川の塩水遡上計算例（大潮：1潮汐間の変化）
 — 図の縦軸は標高（m T.P.） —

同じく小潮の場合を図—10、図—11 に示す。小潮の場合は大潮に比べて塩水の遡上距離は小さい。
 図—11 から、海面上昇が大きいほど塩水の遡上距離は大きいこと、ほぼ6潮汐（3日）で定常に達することなどがわかる。ただし、定常に達するのに要する時間は、潮位差や河川固有流量、淡水と塩水の混合形態などに左右されるので普遍性はない。



図—10 河床勾配 1／3000 のモデル河川の塩水遡上計算例（小潮）



図—11 河床勾配 1／3000 のモデル河川の塩水遡上計算例（海面上昇量と潮汐サイクルの影響）

図—12 は、河床勾配 1 / 3000 のモデル河川で、河川固有流量と海面上昇量を変化させたときの、3 種類の塩分濃度の遡上距離を等高線で示したものである。遡上距離は、計算開始から 6 潮汐目の満潮時に読み取った。流量が小さい時はまだ定常に達していないが、全体的に海面上昇量が多いほど塩水の遡上距離が大きいことがわかる。

4 結論

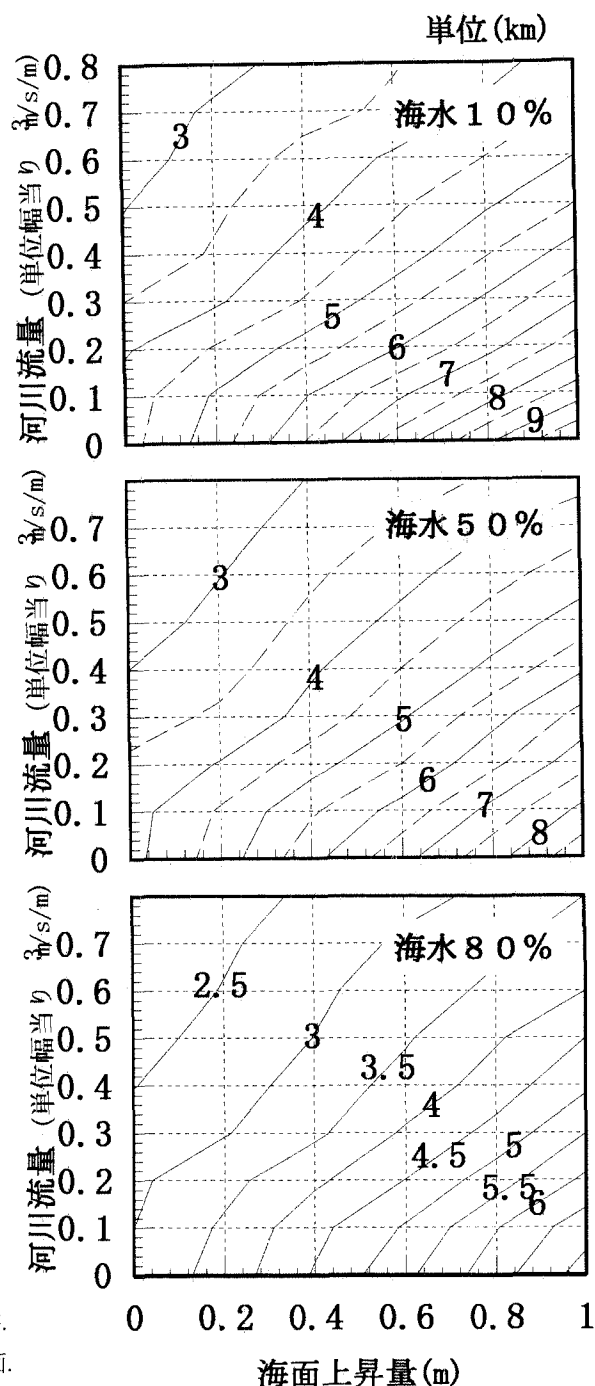
塩水遡上に影響する要因は多く、本来個々の河川毎に検討すべきものであろう。今回の計算でも海面上昇によってフラッシュ状態からの回復が遅れる場合と早まる場合があるなど、現象は複雑であることがわかった。

このような理由で、量的な結論は出せないが、海面上昇は塩水遡上距離を大きくすることは確かであるといえよう。また、フラッシュ状態からの回復や、逆に渇水が続き大きく塩水が遡上した後の平常時の状態への回復など、短期的な特性も変化すると云える。利水や生息地が河川に沿って線ではなく点であるような汽水性の生物への影響について、早めの検討が必要な河川も現れそうである。

最後に、この研究を進めるにあたって、北九州市建設局下水道河川部に資料の提供などのご協力を頂いた。ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- 北九州市 (1991) 北九州市建設局土木河川課；平成 3 年度都市河川紫川生態系 (基本) 調査業務，調査報告書。
 北九州市 (1995) 北九州市建設局土木河川課；江川基本計画。
 田淵幹修・滝川清ら (2001)：混合型によらない塩水遡上解析法の開発，海岸工学論文集第 48 巻 (投稿中)。



図—12 海面上昇と河川固有流量の違いによる塩水遡上距離の大きさ