

塩分遡上現象の数値解析法についての考察

京都大学工学部 正 員 岩佐 義朗 大 阪 市 正 員 野瀬 和宏
京都大学大学院 学生員 久野 繁生 京都大学工学部 正 員 岡本 太郎

これまで旧淀川の観測結果を用いて河口感潮域における塩分遡上現象を再現する数値計算モデルの開発を行ってきた。しかし、計算結果は観測値を十分に再現するにはいたっていない。本報は、これまでの計算法のなかのいくつかの問題点を取りあげ検討を加え、モデルの再現性の向上を図ったものである。

1. 計算対象領域と観測地点および期間：

図-1に示すように、上流端を毛馬水門、途中に中之島をはさむ分合流を含み、下流端を安治川大橋とする約10kmが計算対象領域である。塩分濃度と流速の観測値として、図示される6地点(ST.1~6)で1985年1月16~17日にわたって観測されたものを用いた。この期間の毛馬水門放流流量および大阪湾の潮位変動は図-2のようである。

2. 検討事項(従来の問題点)：従来の計算では、上げ潮時の再現性は比較的良好であった。しかし、下げ潮時には観測でみられる遡上塩分の急速な流下が再現されず、計算では河道内に滞留したままとなる。(図-3)。この問題点を考察するため、以下に示す三点の検討を行った。すなわち、

①下流端条件の設定、②渦動拡散係数および渦動粘性係数の大きさ、③計算格子の大きさ、である。

3. 検討内容：①従来の計算では、ST.0において水深方向に一樣な濃度(18000ppm)を境界条件として与えていた。これをより現実的な境界条件とするため、水深方向に一樣でない濃度を与えてみる。ただ、ST.0では塩分濃度が観測されてないので、資料のあるST.1とST.2を改めて堂島川および土佐堀川の下流端とし、観測濃度をそのまま境界条件として計算した。②塩分濃度の拡散の度合を支配する渦動拡散係数および渦動粘性係数を表-1に示すように4通りに変化させた。ただし、水平方向の渦動粘性係数は、従来の研究を考慮して鉛直方向の渦動拡散係数の2/3とした。③旧淀川では水深が約4~6mであるのに対して潮位変動の幅が最大約1.5mに及ぶ。そこで、鉛直方向の差分の大きさを従来の $\Delta z=1\text{m}$ から、 $\Delta z=0.5\text{m}$ に細分化し、より微細な流れを表現できるようにした。ただし、②および③は研究

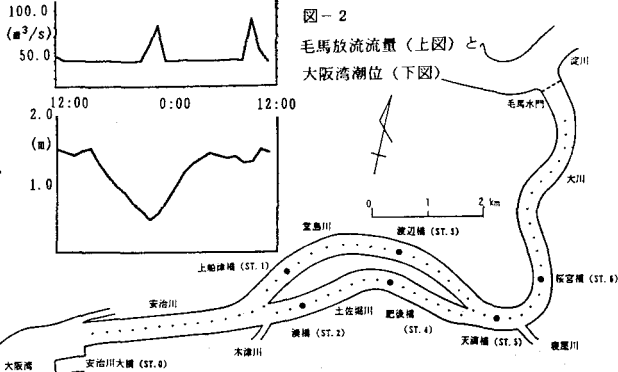


図-1 計算対象領域

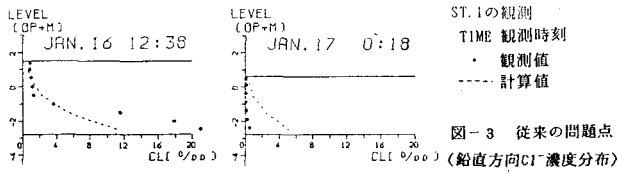


図-2 毛馬放流流量(上図)と大阪湾潮位(下図)

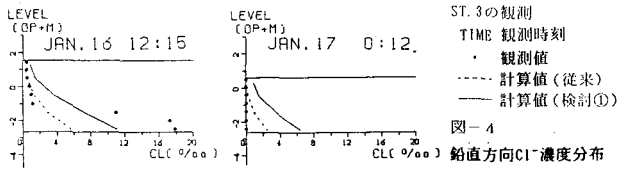


図-3 従来の問題点(鉛直方向CL濃度分布)

表-1 渦動拡散係数の変更

計算ケース	中立状態の鉛直方向の渦動拡散係数(D_{20}) (m^2/s)	水平方向の渦動拡散係数(D_x) (m^2/s)
RUN 0 (従来)	0.012	1.0
RUN 1	0.0012	1.0
RUN 2	0.024	1.0
RUN 3	0.012	0.1
RUN 4	0.012	100.0

の都合上①の条件のもとでおこなった。

4. 検討結果及び考察：①塩分濃度分布がより観測値に近づいたところもあるものの、全体として塩分の遡上が促進されすぎ、下げ潮時では従来以上に塩分濃度が高くなってしまった（図-4）。これは、3. ④で述べたように、下流端を資料のある地点（ST.1およびST.2）まで上げていることが原因の一つと考えられる。したがって、従来の下流端（ST.0）の資料を得て同様の検討を行う必要がある。②下げ潮時の塩分の後退のみに関して評価すれば、図-5に示すようにRun2およびRun4の結果が良好であった。しかし、Run2は塩分の拡散が全体にわたって抑制されすぎる傾向にあり、またRun4は逆に水平方向に拡散されすぎる傾向にあるため（図-6）、これだけではどのケースが適切であるとは判断できない。Run2ではRun0の Dz_0 が2倍されているだけであるのに対し、Run4ではRun0の Dx が200倍もされている。つまり、 Dz_0 の変化の影響は、 Dx のそれよりはるかに大きいといえる。③河床地形がより詳細に再現されているので、河床をうう塩分の遡上の様子がよりよく再現された（図-7）。また、図-8に示すように、とくに下げ潮時において遡上塩分が充分に後退している。これには計算条件の安定性から計算の時間間隔が小さくなって（5秒から1.25秒）、潮位変動や流量の急変といった非定常性の強い境界条件をより正確に扱えるようになったためとおもわれる。

5. まとめ：以上三点の検討のまとめは以下のようなものである。①下流端であたる塩分濃度の境界条件は、塩分遡上現象を解析するうえで決定的な要因の一つである。ただ、今回の検討では観測資料が十分でないため再現性が向上するまでにはいたらなかった。②渦動拡散係数および渦動粘性係数の評価によって計算結果がかなり左右される場合がある。今回行ったのは水平および鉛直方向に別個に変化させただけであるので、今後それらの組合せや、流下方向に一定とした水平方向の渦動拡散係数を適当に変化させるなど検討の余地がある。③鉛直方向の差分の細分化により、従来に比べて良好な結果がえられた。鉛直方向だけでなく水平方向にも2倍の細分化を行ったが、その結果には大差はなかった。つまり、縦断方向の細分化が有効であるといえる。

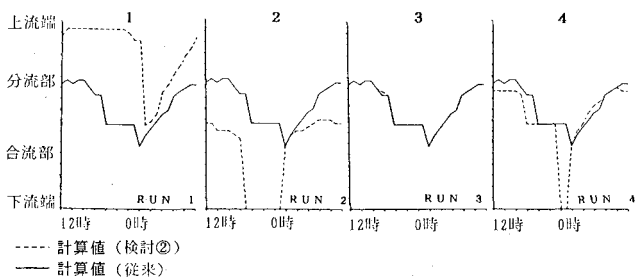


図-5 塩分 (10000ppm) の先端位置

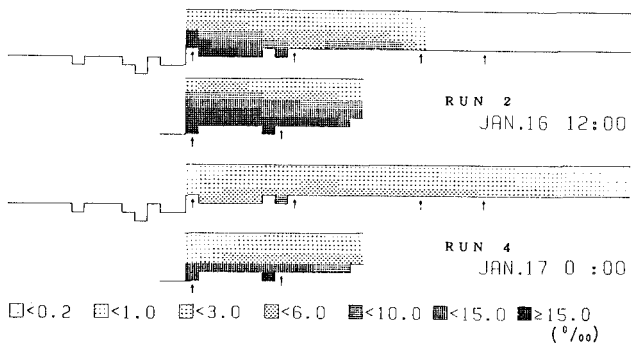


図-6 縦断方向 Cl^- 濃度分布

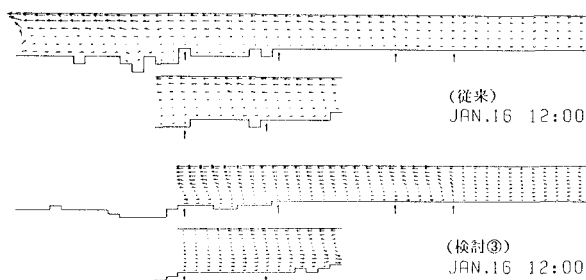


図-7 旧格子 (上) と新格子 (下) の再現性の違い (流速分布)

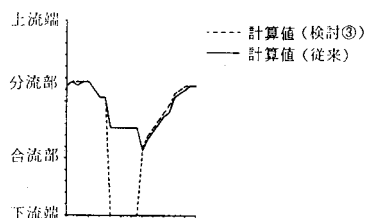


図-8 新格子での塩分 (10000ppm) の先端位置