

東北大学 大学院 学生員・今村 丈孝
東北大学 工学部 正員 小川 由信
東北大学 工学部 正員 首藤 伸夫

1. はじめに

河口部を含む沿岸海域において、温排水や汚濁物質拡散予測を行う上で流れの場を適切に把握することは重要である。一般に、沿岸海域や湾内での物質拡散の過程を支配する要因は、時間スケールが1日ないし半日の場合、潮流による混合である。従来より潮流計算と拡散計算とを合わせた予測方法がとられている。しかしながら潮流計算での境界条件設定の難しさから外海に直接面した領域を対象とする計算例は少ない。そこで本計算は、鯨川河口部周辺を対象とする潮汐による流れのシミュレーションを行った。

2. 計算方法

2.1 対象領域

図-1に計算領域を示す。沿岸海域には鯨川からの河川固有流および発電所からの温排水が放出されている。鯨川は河口付近で河幅が広がり、河口部には砂州が発達している。河川流量は $7 \text{ m}^3/\text{s}$ 前後であり、1日を通じた流量の変化は小さい。温排水の放出量は平均 $20 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度、最大時には $70 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上にも達する。温排水は細長い渠へ放出され、比較的狭い河口部を通り海域へ達する。対象領域中の3点において行われた流速観測データを用いて、主要4分潮と恒流成分とを調和解析から求めた。図-2は境界線付近のA点の解析結果より求めた潮流楕円である。周期成分中、 M_2 潮が卓越しているものの、他の3成分も相対的に無視することはできない。恒流成分は非常に小さいので、境界条件としては4成分すべてについて与えるものとした。

2.2 計算モデル

基本方程式は移流項を含んだ浅水理論を用いた。差分化はLeap-frog法を用い、移流項には計算安定の為風上差分を用いている。計算領域は2段階(A,B領域)とし、鯨川河口部および放水口付近 $4.1 \times 1.95 \text{ km}$ の領域を格子間隔 50 m とし、その外側 $9.0 \times 5.25 \text{ km}$ の領域を格子間隔 150 m と設定した。時間ステップは3秒とし、24時間にわたり計算した。

2.3 境界条件

境界条件としては鯨川の河川固有流、発電所からの温排水および鯨川河口部周辺における潮汐が考えられる。今回の計算では河川固有量は $12 \text{ m}^3/\text{s}$ 、温排水放出量は最大時の $70 \text{ m}^3/\text{s}$ を与えた。外海境界条件を与えるために先の潮流楕円を用いた。境界での入射波成分は主要4分潮ごとに次記の方程式から求める。この式は直線の境界 $y=0$ をもつ一様水深において、沖合方向を正とするx軸に角度 θ で入射する重複波の流速ベクトル (u, v) の軌跡を示

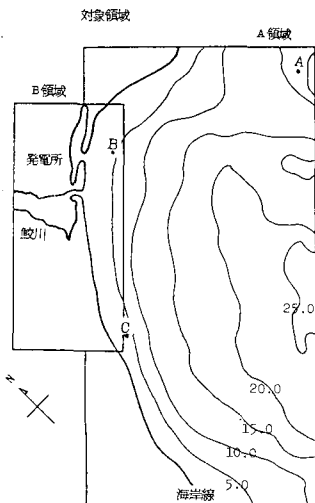


図-1

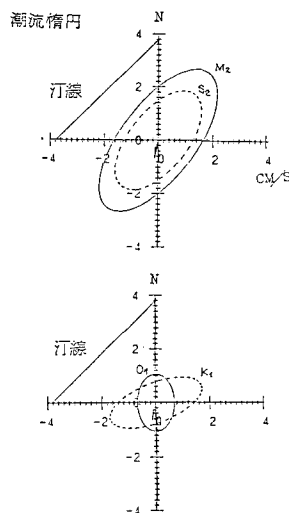


図-2

$$\left(\frac{u}{20g/\sigma \sin \alpha}\right)^2 + \left(\frac{v}{20g/\sigma \cos \alpha}\right)^2 = 1$$

ここで

$$\begin{aligned} a &: \text{振幅} & (l &= k \cos \alpha \\ k &: \text{波数} & (m &= k \sin \alpha \end{aligned}$$

ある1点(汀線からの距離 x)で得られた楕円の長短軸から未知数 a, k を求めた。今回、振幅 a の計算値が実際と比べて過大な結果が出たので小名未更則潮位より求めた。反射波は汀線での入射波の鏡像と考え、外海境界条件はこの入射波と反射波を合成した水位を与えた。一般に外海を境界にもつ領域では境界が大きい

ために数ヶ所にわたる観測が必要である。しかし、この方法を用いることによって1点での観測記録から境界条件を定めることができた。

3. 計算結果

B領域での流速ベクトル図を図-3に示す。なお発電所放水口前面での潮位、流速の経時変化を含めて示してある。河口部において上げ潮時前後での流れは海域から河道内に流れ込み、下げ潮時には逆に河道内から海域に流れ込んでいる。放水口前面には潮汐による流れの下流方向に渦を形成している。流速が大きくなるにつれて渦の位置は汀線に近づき、流速が小さくなると沖合方向に離れて行く。汀線に沿った流れの方向が変わると渦も逆側の下流方向に移動する。この場合渦の移動はほとんど見られず。

図-4に各地点での潮位と流速の経時変化を示す。渦の中の潮位は外海潮位に比べ20分程度位相が遅れている。

外海境界で反射波の透過が適切でないと、湾内や湖などで見られる副振動と同じ現象が生じる場合もある。本領域は縦9.0 km 横5.25 kmの矩形で平均水深約15 mであるので約12.4分、72分の基本モードの周期の固有振動を持つ。計算結果を見ると、潮位および流速の経時変化の曲線にはこのような振動は見られない。

4. まとめ

反射波を汀線での鏡像として考え、外海境界条件を設定することにより河口付近の潮流計算を行った。潮流楕円から推察できる汀線に沿った流れが再現され、想定した計算結果が得られた。今後、外海境界条件の設定をより合理的に行うとともに観測データとの比較を行う必要がある。

〈謝辞〉本研究の一部は文部省科学研究費(代表 東北大学 栗原康俊)による。ここに記して謝意を表す。

流速ベクトル図

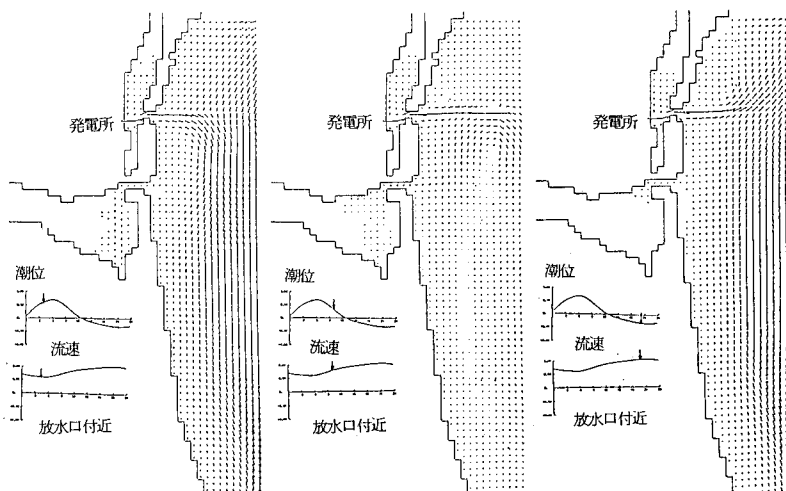


図-3

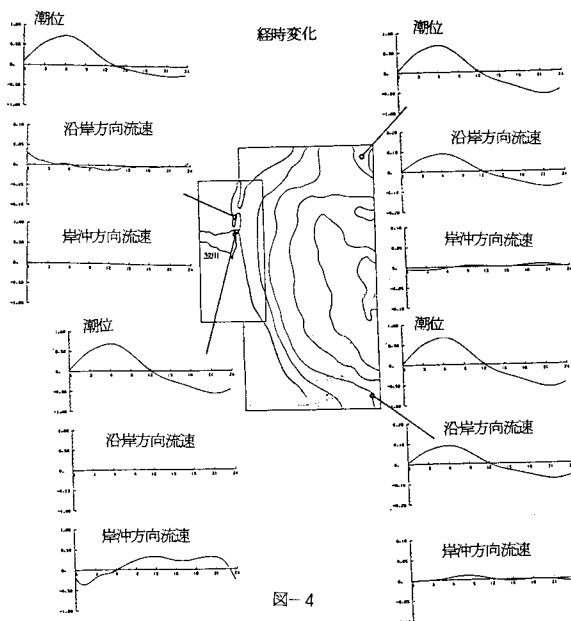


図-4