

夏季東京湾湾口部における内部潮汐波の基本特性に関する研究

東京工業大学工学部 学生会員 ○齋藤輝彦
東京工業大学工学部 正会員 八木 宏
東京工業大学工学部 正会員 日向博文

1. はじめに

従来、夏季東京湾における海水交換や物質輸送は、主にエスチャリー循環や吹送流、あるいは潮汐残差流によって説明がなされてきた。一方、沿岸域では夏季に成層構造が発達するために内部潮汐波が発生することが良く知られており、東京湾においても内部潮汐の存在は確認されているものの（例えば、蓮沼⁽¹⁾、上野ら⁽²⁾、日向ら⁽³⁾）、その基本特性（発生メカニズム、伝播特性、空間構造）やそれが海水交換に果たす役割については未解明な点が多い。本研究では湾口部を中心とした現地観測と数値実験を組み合わせることによってその基本特性を把握することを試みた。

2. 現地観測に基づく検討

(1) 観測概要：図-1に観測海域を示す。現地観測は、ブイ係留（図中星印の位置）による水温・塩分の連続計測（1998年8月4日～10月3日）と、内部潮汐波の空間構造を明らかにするための観測船による調査（1999年9月10日（大潮期））を行った。さらに観測船による調査は、①縦断面観測：図-1中の湾軸ラインに沿ったADCPによる流速計測及び水質計による水温、塩分、濁度、 $chl\ a$ 量の計測、②広域CTD観測（図-1の観測点）から構成されており、前者については1潮汐間に5回（Run1～Run5）、後者については4回（Run-1～4）繰り返して行った。以上、図-2に潮位と観測（各Run）とのタイミングを示す。

(2) 観測結果と考察：図-3に、湾口部観測ブイ（観音崎沖）における水温の時系列（1998年の観測値）を潮位とともに示す。これを見ると、観測結果には内部潮汐による潮汐周期の振動が明確に現れており、観音崎沖の湾口部では、上げ潮最強に水温が上昇し、下げ潮最強時に水温が低下している。図-4には、1999年の観測によって得られた湾軸ライン上の密度の空間分布を示す。これを見ると、外海側では上げ潮時に密度コンターが上昇し、下げ潮時に低下しているものの、観音崎沖のシル部（観測ブイの設置位置）ではこの関係が逆になっており、それが前述の観測ブイによる計測結果のような水温変動パターン（上げ潮時昇温、下げ潮時降温）を生じる原因であることがわかる。一方、図-4には、観測結果から計算された内部フルード数の湾軸方向分布を示すが、これを見ると観音崎沖のシル付近では、内部フルード数が1を越えており密度流が射流状態になっていた可能性が示唆される。以上の観測事実から、東京湾湾口部では、外海側からの内部潮汐波の侵入に加え、それが湾口部シル部を通過するとき一部射流化するなどの内部モード運動が重なり合うことで、特徴的な水温・塩分の時空間構造を励起していることが考えられる。

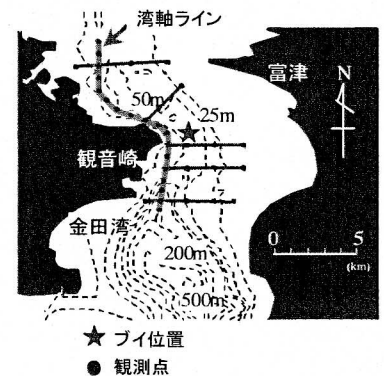


図-1 観測海域

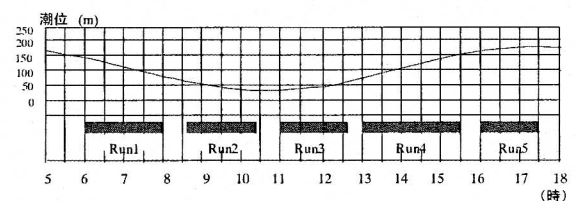


図-2 観測と潮位のタイミング

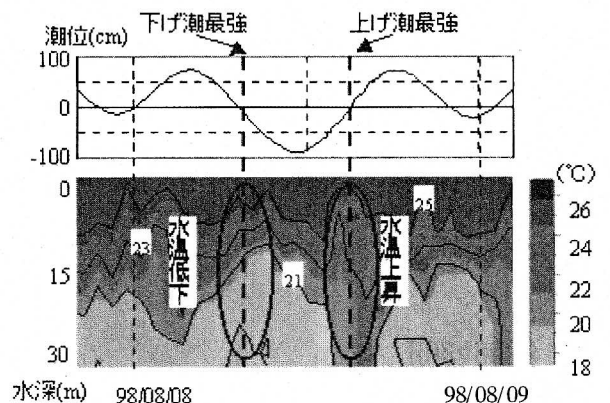


図-3 水温の時系列と潮位

キーワード：内部潮汐波、内部フルード数

連絡先： 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 Tel 03-5734-2597 Fax 03-5734-3577

3. 数値実験による検討

(1)数値計算概要：次に観測では捕らえることのできない東京湾全体に対する内部潮汐の挙動を理解するために図-5に計算領域と与えた密度分布を示す.内部潮汐波に関する詳細な検討を行うために3次元レベルモデルによる数値実験を行った.基礎方程式はN-S方程式(静水圧,ブシネスク近似),連続式,および密度の移流拡散方程式である.計算領域は浦賀水道を含む東京湾全域であり,水平格子間隔は1km,鉛直方向は不等間隔で27層に分割した.また,計算では初期条件として図-5に示すような密度分布を場全体に与え,開境界で潮位変動60cmを与えることによって内部波潮汐波を発生させた.

(2)数値実験結果と考察：図-6に,(1)下げ潮最強時,(2)上げ潮最強時の湾軸断面内密度分布を示す.これを見ると,外海側において上げ潮時に下層高密度水が上昇,下げ潮時に上層低密度水が下降するなどといった観測結果の傾向が再現されていることがわかる.このような外海側から湾口部に押し寄せる内部潮汐の挙動を把握するために,これに対応した密度の平面分布(図-7(2))を調べると,久里浜沖で局所的に発生した内部潮汐波(図中A)と浦賀水道を伝播してきた内部ケルビン波(図中B)が久里浜沖で重なり合うことによって,観音崎沖の湾口部において大きな内部潮汐波が発生することがわかる.

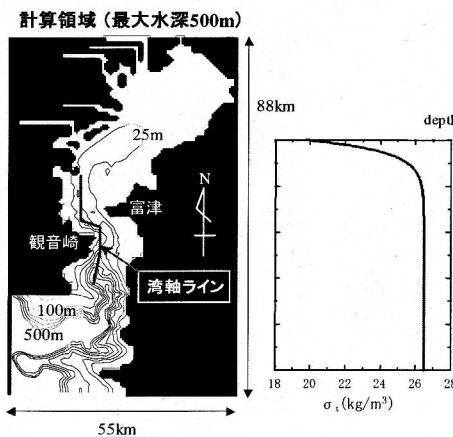


図-5 計算領域と与えた密度分布

4. まとめ

①観測結果より,湾口部で起こる内部潮汐波は,シル部で一部射流化することから,上げ潮と下げ潮で流動構造が大きく異なり,その後の伝播や時空間構造の変化に寄与していることがわかった.②数値実験から,東京湾湾口部で確認される内部潮汐波は湾口部のみで発生したものではなく,外海で発生したそれとの合成である可能性が高いと考えられる.

参考文献：1) 蓮沼啓一：東京湾における流動の特徴,沿岸海洋研究ノート 第16巻,第2号,1979

2) 上野成三,灘岡和夫,勝井秀博,大谷英夫：密度成層期の東京湾で発生する密度・流動・水質場の急変現象と内部波に関する現地観測,海洋工学論文集 第40巻 pp246-250

3) 田淵広嗣,日向博文,灘岡和夫,吉岡健,八木宏,古川恵太：夏季の東京湾における内部潮汐波,日本海洋学会春季大会 講演要旨集 pp212,1999

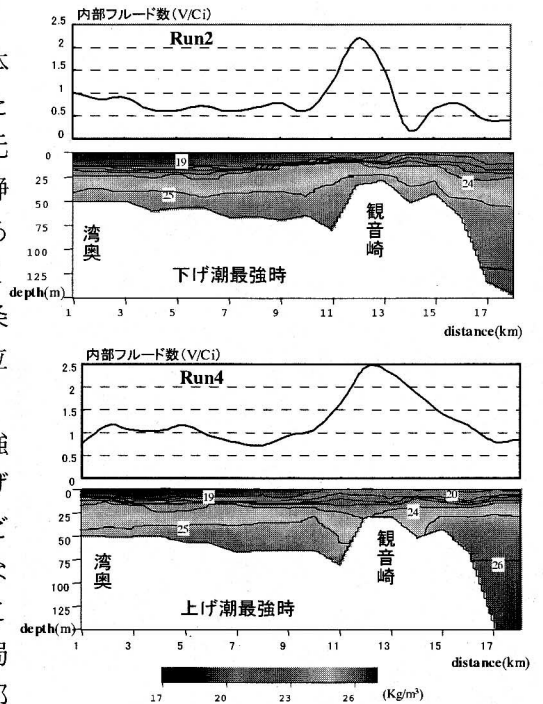


図-4 湾軸ライン上の密度とフルード数の分布

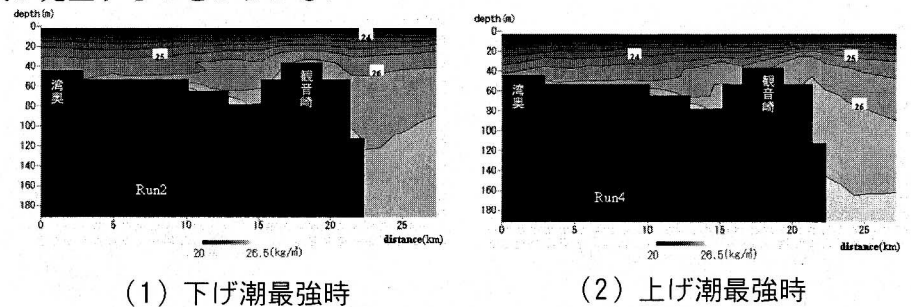


図-6 湾軸断面内の密度分布

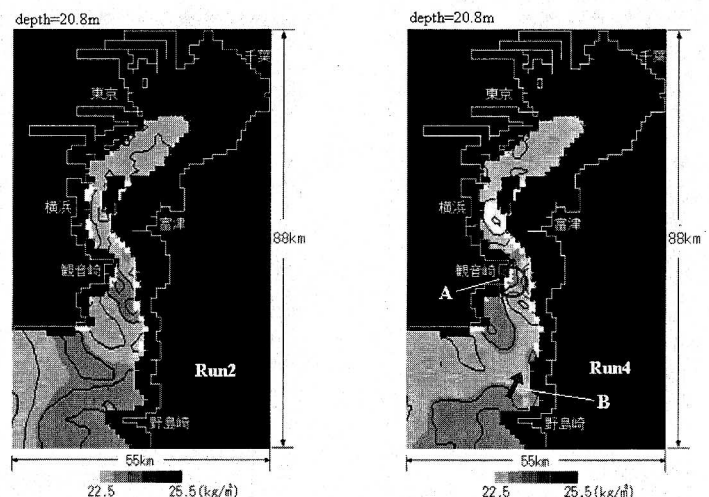


図-7 密度の平面分布