

東京湾における潮汐の調和定数の変化

武蔵工業大学 学生会員 ○信澤 雄一郎 藤江 孝之
武蔵工業大学 正会員 村上 和男

1. はじめに

近年東京湾等の閉鎖性水域では、赤潮や青潮に代表される富栄養化現象の問題がある。これらは、埋め立てによる湾の各種開発事業や防波堤の建設が、海域の閉鎖性を一層強めている。このことが富栄養化現象の発生要因の一つとなる可能性がある。

閉鎖性の内湾域では、海流の影響が少ないので、潮流成分が流れの主要因であるといえる。

開発事業により湾内を埋め立てることにより東京湾の面積が減少し、面積の減少にともない潮汐の振幅が低下することが考えられる。潮汐の振幅に減少が見られれば、湾内と湾外の海水交換の減少が考えられ、環境への影響が予想される。

本研究では、埋め立て等による湾の面積の減少による環境への影響を潮汐から検討をする。また、潮汐の振幅が、地形変化に対してどう影響しているかを検討した。

2. 研究方法

潮汐の変化は月、太陽および両者の複合的影響などにより引き起こされ、ほぼ周期的に変化するので、様々な周期成分の三角関数に分解することができこれを調和分解と呼び、分潮の振幅の変化が多くの開発事業における環境影響評価となっている。

代表的な潮汐の分潮として、主要四分潮 (M_2 , K_1 , O_1 , S_2) がある、これらは、他の分潮よりも成分が大きく、中でも M_2 分潮が振幅の成分としてより大きく重要であるので本研究では M_2 分潮に主眼を置いた。

以上のことから、以下の3つの方法で解析を行う。

a). 実測データに対し調和分解を行い地形変化に対する潮汐の分潮の振幅の変化を求める。

b). 1次元解析を用いて湾長の変化より湾内と湾口の振幅の比の変化を求める。

c). 数値シミュレーションによる解析を行い各地形に

おける潮汐振幅の変化を求める。

3. 実測データの結果と考察

各観測地点(図1)の1961年～1999年、約40年間24時間、1時間毎のデータを用いて、データから各分潮の振幅の変動を求め、埋め立てられた場所や開発事業の行われた場所の前後の振幅を比較検証する。また、分潮の振幅を求める調和分解の方法として最小二乗法を用いた¹⁾。



図1 観測地点

閉鎖性水域周辺における各平均潮位、各分潮の振幅の経年変化を求めた。図2に晴海、新山下、布良、岡田での M_2 分潮の経年変化を示す。

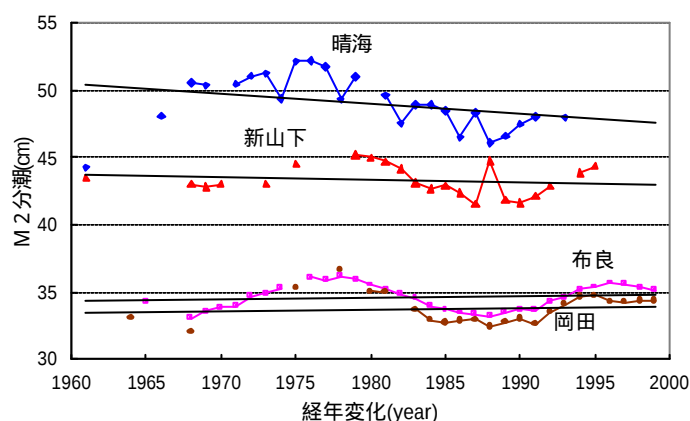


図2 東京湾での M_2 分潮の経年変化

1965年の晴海、布良の値と1995年の晴海、布良の値を表1に示し、表2に布良を1とした時の晴海との比を示す。この結果を湾奥と湾口との振幅比とする。

キーワード 閉鎖性水域 調和定数 数値シミュレーション

武蔵工業大学工学部 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL 03-3703-3111 FAX:03-5707-2222)

表 1 晴海、布良での M_2 分潮の振幅(実測値)

M_2 分潮の振幅	1965年	1995年
晴海	50.2cm	48.0cm
布良	34.2cm	34.9cm

表 2 湾奥と湾口の振幅比(実測値)

M_2 分潮の振幅比	1965年	1995年
晴海	1.468	1.375
布良	1	1

表 2 より埋め立てが行われた後に湾内の振幅が減少していることが分かる。

4.1 次元解析の結果と考察

湾内と湾口の振幅の比を求める 1 次元解析²⁾の方法を以下の式で示す。(1) 式より湾長が減少することにより振幅比は減少する。湾奥を原点とおく。

$$R_{(x)} = \frac{H_{(x)}}{H_o} = \frac{\cos\left(\frac{\pi T_o x}{2TL}\right)}{\cos\left(\frac{\pi T_o}{2T}\right)} \cdots (1)$$

x : 湾内の任意の点, $H_{(x)}$: x 点での分潮の振幅,

H_o : 湾奥における振幅,

T : M_2 分潮の周期 (12.42 時間), L : 湾長 (88km)

$T_o = 4L / \sqrt{gh}$, h : 湾の平均水深 (26m),

湾内の任意の点を, 晴海 (17km) とおく。また埋め立て後の値として L : 湾長 (86km), 湾内の任意の点を晴海 (15km) として計算した。表 3 に 1 次元解析で求めた湾奥と湾口の振幅比を示す。

表 3 1 次元解析での湾奥と湾口の振幅比

M_2 分潮の振幅比	1965年	1995年
晴海	1.400	1.380
布良	1	1

5. 数値シミュレーションによる結果と考察

ADI 法を用いて単層の数値シミュレーションを行った。計算条件を表 4 に示す。埋め立てによる地形の変化がどの程度振幅に影響しているのかを比較した。表 5 に晴海、布良での M_2 分潮の振幅を示し、表 6 に湾奥と湾口の振幅比を示す。

表 4 計算条件

諸条件	値
時間間隔	6sec
格子間隔	1km
1965年時の面積	1280km ²
1975年時の面積	1152km ²
1995年時の面積	1074km ²
コリオリ係数	$f=2 \cdot \omega \cdot \sin \varphi$ ($\varphi=34.75^\circ$)
淡水流入量	総量 1172.1m ³ /s
対象潮汐	M_2 分潮

表 5 シミュレーションによる M_2 分潮の振幅

M_2 分潮の振幅	1965年	1975年	1995年
晴海	64.15cm	57.44cm	54.21cm
布良	36.26cm	36.09cm	35.82cm

表 6 シミュレーションによる湾奥と湾口の振幅比

M_2 分潮の振幅比	1965年	1975年	1995年
晴海	1.694	1.592	1.496
布良	1	1	1

表 4, 6 より, 埋め立てによる湾内の面積の減少が振幅比を減少させていることが分かる。

6. まとめ

実測データ, 1 次元解析, 単層シミュレーションでそれぞれ求めた湾奥と湾口の振幅比を表 7 に示す。

表 7 湾奥と湾口の振幅比

M_2 分潮の振幅比	1965年	1995年
実測データ	1.468	1.375
1次元解析	1.400	1.380
数値シミュレーション	1.694	1.496

いずれの解析で求めた振幅比も 1965 年から 1995 年にかけて減少していることが分かる。振幅比が減少していることから, 湾内の面積が減少したことが, M_2 分潮を減少させているといえる。しかし, シミュレーションの結果が, 他の解析比べて振幅比の値が高くなっているのは, シミュレーションの計算精度によるものであるといえる。計算領域の大きさが湾内の潮汐の増幅率に関係あるものと考えられ, 境界条件の位置を変えた計算が必要である。

参考文献

- 1) 村上 和男, 最小自乗法による潮汐・潮流の調和分解とその精度: 港湾技研資料 No369 pp4~9
- 2) 宇野木 早苗, 有明海物理環境に関するワークショップ 有明海における水位と流れの変化