

湾面積の減少による閉鎖性水域の潮汐の調和定数の変化

武蔵工業大学 学生会員 小泉 俊昌 青木 祐平
 武蔵工業大学 正会員 村上 和男

1. はじめに

近年東京湾、伊勢湾といった閉鎖性水域では、富栄養化汚染現象により環境に与える影響が問題となっている。閉鎖性の高い内湾域では外海との海水交換が行われにくく、潮汐によって引き起こされる海水運動が流れの主要因となる。湾においては埋立てが潮汐の振幅減少を引き起こすという結果も報告されている¹⁾。埋立てにより湾の面積減少が進むと、湾口に対する湾内の潮汐の振幅比である増幅率と、湾内外に出入りする海水の交流量が減少し、湾内外の海水交換の減少が考えられる。その結果、汚染した海水は湾内に停滞し、青潮による生物被害が予想される。

本研究では代表的な潮汐の分潮のうち、振幅の成分が大きい M₂ 分潮と S₂ 分潮に注目し、東京湾と伊勢湾において以下の解析を行う。埋立てによる湾の面積減少に伴う湾内の潮汐の増幅率及び湾内外に出入りする海水の交流量の変化を求めることを目的とする。

2. 実測データの結果及び考察

実測データは、1961年～1999年までの毎時潮位データで、潮位観測点は東京湾で晴海・新山下・布良の3地点、伊勢湾で名古屋・鳥羽の2地点とした。1年間のデータ毎に最小自乗法による潮汐の調和分解を行った。

図1、図2に潮位観測点を示す。実測データに対する調和分解の結果の中から、図3に東京湾、図4に伊勢湾の M₂ 分潮振幅の経年変化を示す。表1に東京湾と伊勢湾の M₂ 分潮の増幅率を示す。なお、赤羽根の値は既存の文献³⁾を参考にした。

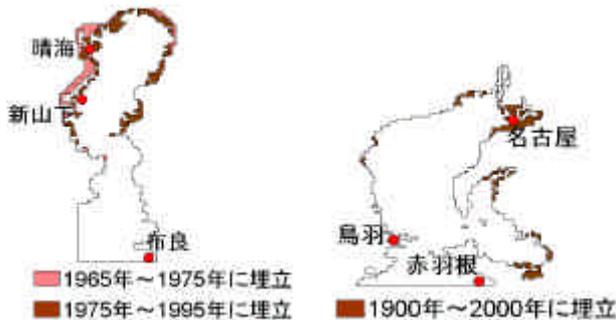


図1 東京湾の潮位観測点 図2 伊勢湾の潮位観測点

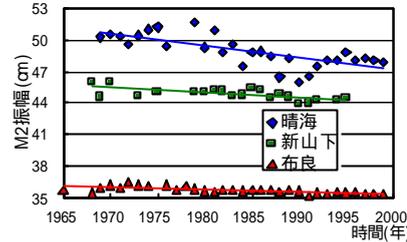


図3 東京湾の M₂ 分潮振幅の経年変化

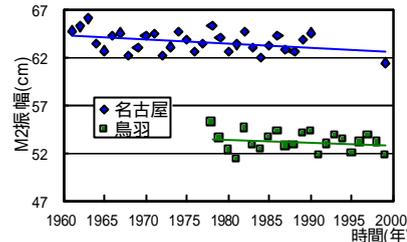


図4 伊勢湾の M₂ 分潮振幅の経年変化

表1 東京湾と伊勢湾の M₂ 分潮の増幅率

	1970年	1994年
晴海 / 布良	1.398	1.352
	1966年	1985年
名古屋 / 赤羽根	1.431	1.410

図3、4中の直線は、潮位観測地点毎に求めた近似直線である。湾奥に近いほど M₂ 分潮の振幅が減少傾向にあるのが分かる。表1より、増幅率も減少傾向にある。

埋立による海水交換の流量減少は、振幅の減少による流量減少 Q₁ と面積の減少による流量減少 Q₂ が考えられる。それぞれ以下の式で表すことができる。

$$Q_1 = A' \times (H - H') \quad \dots (1)$$

$$Q_2 = 2 \times (A - A') \times H \quad \dots (2)$$

ここで、H：埋立前の湾奥で潮汐振幅(km)、H'：埋立後の湾奥で潮汐振幅(km)、A：埋立前の湾面積(km²)、A'：埋立後の湾面積(km²)である。

表2に東京湾と伊勢湾の埋立前の湾面積と埋立面積、潮汐の振幅減少に伴う湾内外に出入りする海水交流量の減少量、湾面積の減少に伴う湾内外に出入りする海水流の減少量を示す。

表2 実測データの埋立に伴う海水交流量の変化

M ₂ 分潮	埋立前湾面積 (km ²)	埋立面積 (km ²)	振幅の減少による流量の減少量 (km ³)	面積の減少による流量の減少量 (km ³)
東京湾	1431	331	0.039	0.358
伊勢湾	2229	143	0.034	0.190

表 2 より、振幅の減少による流量の減少量は湾面積との関係がみられ、湾面積の減少による流量の減少量は埋立面積との関係がみられる。

3. 1次元解析の結果及び考察

一次元解析は湾長を変数として増幅率を求める方法である。外海に口を開いた湾内に外洋からの波が進入し、海域内の水を強制振動させる場合の、湾内の湾口に対する増幅率 $R_{(x)}$ は次式⁴⁾で表される。

$$R_{(x)} = \frac{H_{(x)}}{H_0} = \frac{\cos\left(\frac{pT_0 x}{2TL}\right)}{\cos\left(\frac{pT_0}{2T}\right)} \quad \dots(3)$$

ここにおいて、 x ：湾奥から湾内の任意の点までの距離(km)、 $H_{(x)}$ ： x 点での分潮の振幅(-)、 H_0 ：湾口における振幅(-)、 T ：対象とする分潮の周期(hour)、 L ：湾長(km)、 T_0 ：湾の固有周期(hour)、である。

湾の埋立て距離は地図から読み取り、東京湾で 3km、伊勢湾で 2km の埋立てが行われたとして計算を行った。

1次元解析の結果の内、表 3 に M_2 分潮の増幅率を示す。

表 3 東京湾と伊勢湾の M_2 分潮の増幅率

	埋立前	埋立後
晴海 / 布良	1.404	1.373
名古屋 / 赤羽根	1.490	1.457

表 3 より、埋立ての前後で M_2 分潮の増幅率が減少しているのが分かる。

4. 実地形の数値シミュレーションの結果及び考察

ADI 法を用いた 2次元単層の潮汐の数値シミュレーションを図 1、図 2 に示した地形データに対して行った。

表 4 に東京湾の M_2 分潮増幅率の変化を、表 5 に伊勢湾の M_2 分潮増幅率の変化を示す。

表 4 東京湾の M_2 分潮増幅率の変化

	1965年	1975年	1995年
晴海 / 布良	1.556	1.539	1.443

表 5 伊勢湾の M_2 分潮増幅率の変化

	1900年	2000年
名古屋 / 赤羽根	1.403	1.325

表 4、5 より、埋立てによる湾の面積減少が分潮の増幅率を減少させているのが分かる。

表 6 に数値シミュレーションで求めた、東京湾と伊勢湾の埋立前の湾面積と埋立面積、潮汐の振幅減少に伴う湾内外に出入りする海水流量の減少量、湾面積の減少

に伴う湾内外に出入りする海水流量の減少量を示す。

表 6 数値シミュレーションの埋立に伴う海水流量の変化

M_2 分潮	埋立前湾面積 (km ²)	埋立面積 (km ²)	振幅の減少による流量の減少量 (km ³)	面積の減少による流量の減少量 (km ³)
東京湾	1431	331	0.051	0.389
伊勢湾	2229	143	0.098	0.192

表 6 より、振幅の減少による流量の減少量は湾面積との関係がみられ、湾面積の減少による流量の減少量は埋立面積との関係がみられる。

5. 矩形湾の数値シミュレーションの結果及び考察

簡単な矩形の地形データを用いて数値シミュレーションを行うことで、潮汐の振幅減少のメカニズムを捉える。

図 5 に埋立て前、湾長方向に埋め立てた場合、湾幅方向に埋め立てた場合の M_2 分潮の増幅率を示す。

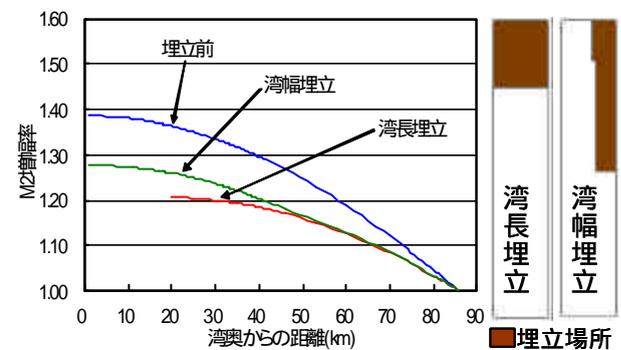


図 5 埋立方向別の M_2 分潮の増幅率

同じ面積を埋め立てた場合、湾長方向に埋め立てた場合のほうが増幅率への影響は大きいことが分かる。

6. まとめ

潮汐の振幅の減少傾向は湾奥ほど大きい。湾を埋め立てて湾面積を減少させると、湾内の潮汐の増幅率と湾内外に出入りする海水の流量は減少する結果となった。1次元解析では湾長方向の埋立てが重要であるが、矩形湾の数値シミュレーションの結果から湾幅方向に埋め立てた場合でも湾内の潮汐の増幅率は減少する結果となった。

以上のことから、閉鎖性水域において湾内を埋め立てることは、湾の埋立ての方向に関わらず、潮汐の増幅率と湾内外に出入りする海水の流量を減少させる原因の一つであると考えられる。

参考文献

- 1) 信澤 雄一郎、藤江 孝之：2004、東京湾における潮汐の調和定数の変化、土木学会年次学術講演会。
- 2) 村上 和男：1982、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。
- 3) 海上保安庁：1992、日本沿岸 潮汐調和定数表。
- 4) 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