

II-72 運河を利用した水域浄化について(その1)

竹中工務店技術研究所 正員 ○茅野 秀則
竹中工務店技術研究所 篠崎 守

1. よえがき 港湾の形態によっては静穏度を得ようとするあまり、泊地が閉水域となり、汚れた水域になりがちである。水域浄化の対策として、外海の海水を運河によって導く方法があり、洲本マリーナで実施し、その効果が得られている。現地調査の結果にもとづき運河の流れるメカニズムについて基礎的な検討を行なったのでここに報告する。

2. 洲本マリーナと運河 洲本マリーナは兵庫県、淡路島の東海岸にある洲本市の古茂江海岸の埋立地に建設された海洋レクリエーション施設である。運河は、延長575.8m、幅員12.0mの規模で図-1に示すように片端を外護岸に、他端を泊地に接続して埋立地内にめぐらされている。

3. 調査概要 昭和50年7月27日より3日間、現地調査を行なった。沿岸潮流は外護岸より約80mの位置、運河の流れ(以下運河流とする)は運河のほぼ中央の位置において長期携帯記流速計(NC-II型)によって測定した。潮位は、現地在洲本検潮所に近接して

いるので同所の検潮記録を使用した。

4. 調査結果 調査結果の一部を(図-2)

に示す。沿岸潮流、運河流の特性を知るために(1)式で表わされる調和解析を行ない結果を表-1に、沿岸潮流の潮流楕円図を図-3に示す。 $U = \bar{U}_0 + U_1 \cos(\alpha t - \zeta_1) + U_2 \cos(2\alpha t - \zeta_2) + U_4 \cos(4\alpha t - \zeta_4)$ ——(1)
ここに、 $\alpha = 15^\circ$ 、 $\bar{U}_0$ は恒流、 $\alpha 2$ 、 $\alpha 3$ 項は、それぞれ日週潮流(M_1)、と半日週潮流(M_2)を表わし、 $\alpha 4$ 項は浅海分潮流のうち4日週潮流を示している。沿岸潮流も運河流も半日週潮流が卓越しており、日週潮流や4日週潮流は小さい。沿岸潮流は細長い潮流楕円を示し、流向が定まっているのがみられる。

5. 運河流のメカニズム 調査結果や調和解析の結果によると、潮汐と沿岸潮流と運河流の流速は、ほぼ位相が一致しており、流向は潮位の平均水面をさかいにして、潮汐の周期に合わせて、北流、南流と変化している。これらの現象から、運河流は進行波としての潮汐(長波)が運河の中へ入り込んで行くために流れがおこるものと考えられる。すなわち、微小振幅長波(潮汐)の式より波形を $\eta = H/2 \sin(kx - \sigma t)$ ——(2)

とすると、水粒子の移動速度(潮流)は(3)式で表わされる。
 $U = \eta k \cdot C = \sqrt{\frac{g}{k}} \frac{H}{2} \sin(kx - \sigma t)$ ——(3)
ここに k : 波数、 σ : 振動数、 H : 波高、 k : 水深、 C : 波速、 g : 重力加速度を表わす。

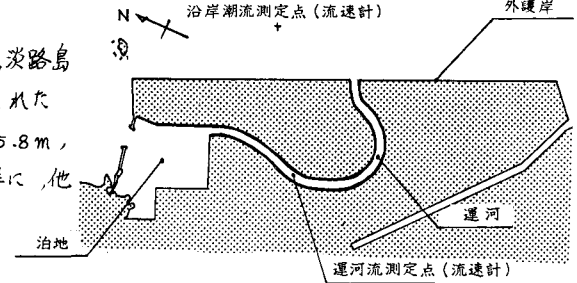


図-1 洲本サントピアマリーナ概要図

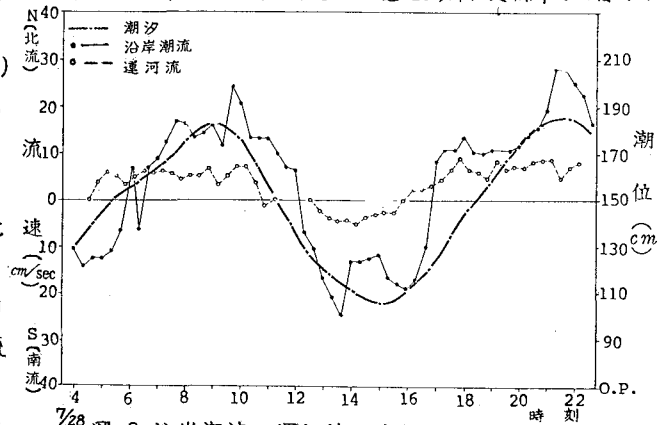


図-2 沿岸潮流・運河流と潮汐の関係(測定値)

表-1 調和解析の結果

	恒流	日週潮流		半日週潮流		4日週潮流	
	$\bar{U}_0$ cm/sec	U_1 cm/sec	ζ_1	U_2 cm/sec	ζ_2	U_4 cm/sec	ζ_4
護岸平行分速	-0.1	3.7	15°	-14.7	328°	-2.6	356°
護岸垂直分速	1.3	4.0	23°	-15.2	332°	2.9	32°
運河流	1.1	-1.7	351°	-7.0	321°	0.1	78°

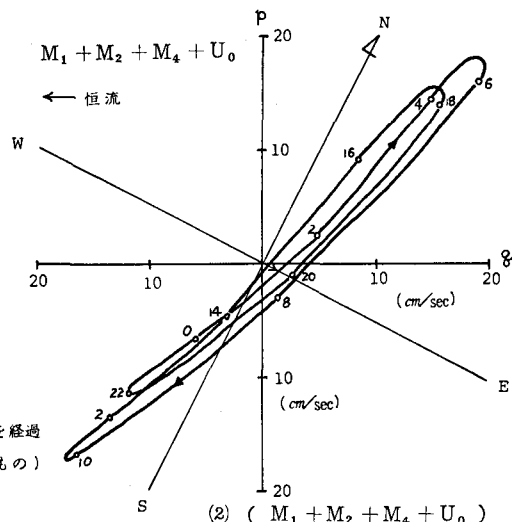
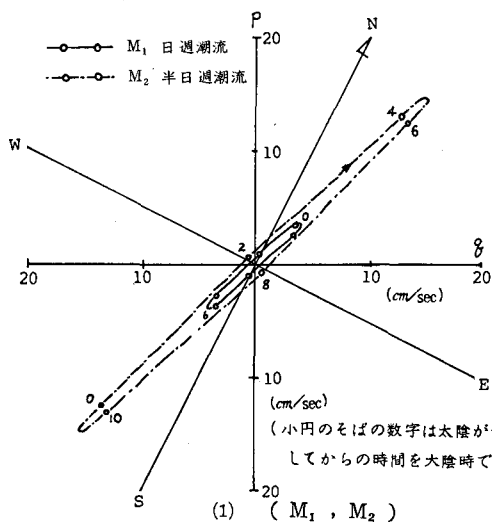


図-3 潮流楕円図

(2)式と(3)式における潮汐と潮流は位相および流向とも一致する。次に、この仮定に従って沿岸潮流と運河流の関係について Bernoulli の定理により検討する。運河流のエネルギー（単位体積当たりとする）は沿岸潮流のもつエネルギーから(i)運河口（入口，出口）における損失，(ii)運河の摩擦による損失，等を差し引いたエネルギーであり，更に運河内は同一流速であり，水位は一定であるとする(4)式が成立する。

$$\frac{V_c^2}{2g} = \frac{V_0^2}{2g} + f_c \frac{V_c^2}{2g} + \alpha \frac{V_0^2}{2g} \quad (4)$$

ここに f_c : 運河の摩擦係数， α : 運河口における損失係数とする，(4)式を変形し，運河流速を求めると(5)式が得られる。

$$V_c^2 = C V_0^2 \quad (5) \quad (V_c: \text{運河流速}, V_0: \text{沿岸流速})$$

ここに $C = \frac{1-\alpha}{1+f_c}$: 運河係数（各運河形状に固有な値として定義する）

調和分析の結果にもとづいて運河係数 C を求める。得られた値を図-4に示す。沿岸流速と運河係数との関係を求めると(6)式になる。

$$C = -0.0098 V_0 + 0.31 \quad (r: \text{相関係数} = 0.682, V_0 \leq 30 \text{ とする}) \quad (6)$$

運河係数は沿岸流速の増加に伴ない減少する。また，平均した運河係数 $\bar{C} = 0.14$ であり，運河流は沿岸潮流の平均14%のエネルギーであったと推測される。

6. 運河による効果 泊地の平均海水交換量 ($\bar{Q}$) について (i) 運河が無い場合と (ii) 運河を利用する場合の概算比較を行なう ($\frac{1}{2} T$ 15:00 ~ $\frac{3}{2} T$ 3:00 の $T = 12$ 時間の平均値)

(i) 運河が無い場合 $\bar{Q}_1 = \frac{S \cdot H}{T} = 0.88 \text{ m}^3/\text{sec}$ (S : 泊地の水域面積 = 2600 m^2 , H : 潮位差)

(ii) 運河を利用する場合 $\bar{Q}_2 = \int_0^T V_c h_c(t) B dt / T = 2.14 \text{ m}^3/\text{sec}$ (h_c : 運河水深, B : 運河幅員 = 12 m)

よって $\bar{Q}_2 / \bar{Q}_1 = 2.4$ となる。運河を利用すれば，無い場合に比較して2.4倍の海水交換量が得られる。また，運河の無い場合の交換量は，そのよき交換量とするには無理があり，その点でも運河を利用することは水域の浄化という点で利点があると考えられる。

7. まとめ

(i) 運河の流れは進行波としての潮汐が運河の中へ入り込む流れであると考えられる。

(ii) 運河係数(6)式を用いることによって類似形状の運河の流れを概略推算が可能である。

(iii) 運河を利用することは，開水域の海水交換量を増大させ，水域の浄化に役立つと考えられる。

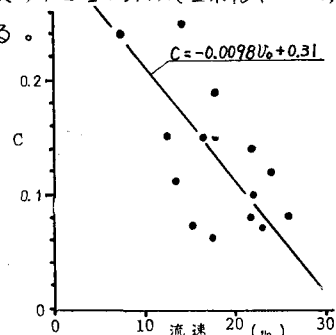


図-4 沿岸流速と C の関係