

瀬戸内海の潮汐・潮流

柳 哲 雄*・樋 口 明 生**

1. ま え が き

沿岸海域の潮汐・潮流の現象は古くから知られており、特に瀬戸内海においては航海術とも関連して、室町時代後期(1582年)より潮汐表の類も出回っていたようである¹⁾。Ogura (1933)²⁾ は日本近海の潮汐について大著をあらわし、彼によって日本近海の潮汐学は完成させられたかの感があった。しかし当時は潮流のデータが決定的に不足していて、潮流に対する理解は彼自身も認めているように不十分であった。

我々は以前瀬戸内海東部の潮汐・潮流資料を収集し、内海東部の潮汐波のふるまいについて述べた³⁾。その後さらに内海全域の潮流観測資料を収集し、すでに明らかにされている潮汐の特性と合わせ検討し、内海全域の潮汐波のふるまいの特性を明らかにしようと試みた。

2. 資料の収集・整理

潮汐については多くの陸上検潮所で長年にわたって観測が続けられ、調和定数が求められている。今回は各文献^{4), 5), 6)}から図-1に■で示した60ヶ所の主要4分潮

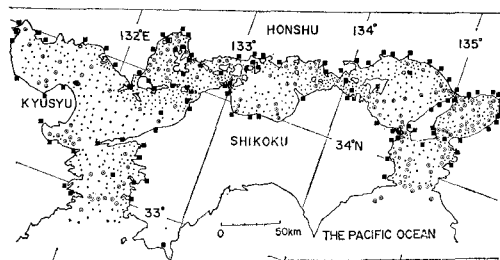


図-1 潮汐・潮流観測点

(M_2 , S_2 , K_1 , O_1) の調和定数(潮差 $2H$ cm, 遅角 K_0 度)を求めた。

潮流は海上保安庁水路部^{7), 8), 9)}, 運輸省第三港湾建設局^{10), 11)}, 通産省中国工業技術試験所¹²⁾, 愛媛大学¹³⁾などの潮流観測結果の中から観測層 5 m 以浅のものを選り(豊後水道西部は 5 m 以浅の資料がないので 10 m 層),

調和定数を求めた。観測点総数は 1 589 点で図-1中に●で 15 昼夜観測点(15 昼夜以上も含む), ○で 1 昼夜観測点(数昼夜も含む)を示した。海域別・期間別観測地点数を表-1に示す。

表-1 海域別・期間別観測地点数

	15 昼夜観測点	1 昼夜観測点	合 計
紀伊水道	22	81	103
大阪湾	22	137	159
播磨灘	22	127	149
備前瀬戸	12	266	278
備後灘	4	53	57
隠岐灘	12	41	53
安芸灘	9	128	137
広島湾	21	148	169
伊予灘	12	181	193
周防灘	14	161	175
豊後水道	13	103	116
	163	1 426	1 589

1 昼夜の潮流観測資料からは M_1 , M_2 , M_4 潮流しか求まらない。そこで前報³⁾に示したような補正計算を行って、主要 4 分潮の潮流調和定数を求めた。さらに得られた調和定数をもとに潮流楕円を作製し、潮流楕円の長軸半径(W_1 cms⁻¹), 短軸半径(W_2 cms⁻¹), 東方から反時計回りに測った長軸の角度 θ_1 , 上げ潮最盛時の遅角(α_0 度)を求めた。こうして求めた潮汐・潮流の遅角の基準時は各観測点に各分潮の仮想天体が南中した時刻になっている。そこで明石(135°E)に仮想天体が南中した時刻を基準時とし、各観測点の経度補正を行い、標準時子午線(135°)に準拠した潮汐・潮流の遅角(K, α)を求めた。

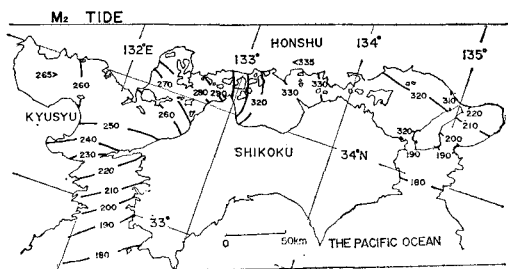
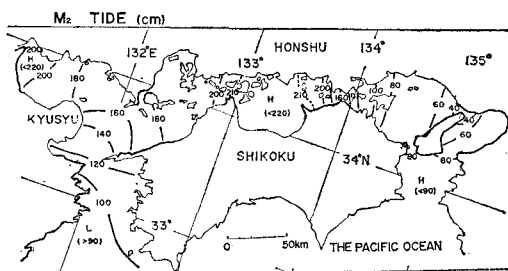
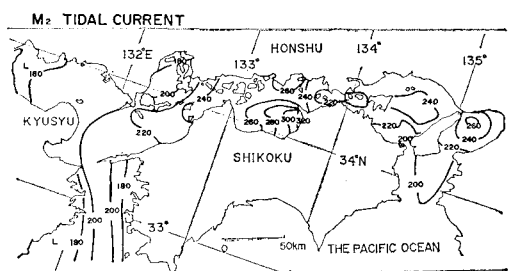
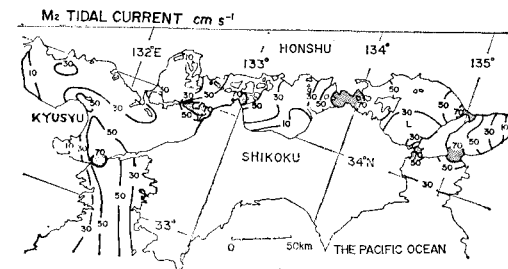
3. 結 果

3.1 M_2 分潮・ M_2 分潮流

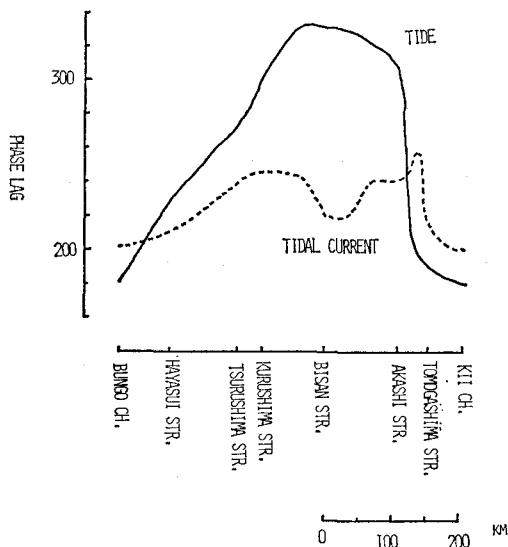
図-2 に M_2 分潮の全振幅($2H$ cm)と遅角(K 度), 図-3 に M_2 分潮流の振幅(W_1 cms⁻¹)と遅角(α 度)を示す。太平洋から紀伊水道と豊後水道に全振幅約 90 cm, 遅角 180°(明石に M_2 天体南中後約 6 時間)で入射する潮汐波の全振幅は明石で 30 cm と極小値をとり、周防灘奥部と隠岐では 200 cm を越える。位相関係からみると明石海峡で 90°(約 3 時間), 鳴門海峡で 130°(約

* 正会員 理博 愛媛大学講師 工学部海洋工学教室

** 正会員 理博 愛媛大学教授 工学部海洋工学教室

図-2 M₂ 分潮の全振幅と遅角図-3 M₂ 分潮流の振幅と遅角表-2 各海峡の潮流振幅 (cm s⁻¹)

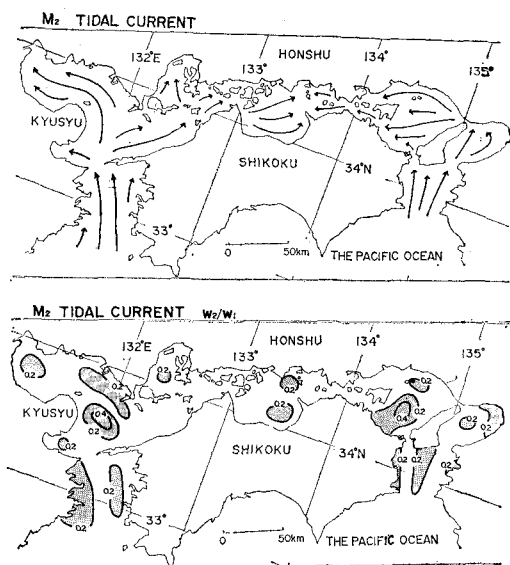
	M ₁	S ₂	K ₁	O ₂
友ヶ島水道	105	25	40	35
鳴門海峡	330	90	50	50
明石海峡	160	60	50	50
備讃瀬戸	95	35	15	10
来島海峡	250	100	40	30
釣島水道	90	45	25	20
大島瀬戸	250	75	25	20
速吸瀬戸	155	70	35	25
関門海峡	225	80	65	45

図-4 M₂ 分潮・M₂ 分潮流の遅角分布

4.5 時間) 遅れることが顕著で、備讃瀬戸西部は両水道に比べ 155° (約 5 時間) 満潮時刻は遅れる。また周防灘は全域ほぼ同時に満潮となり、定常波的性格をみせている。流量からみて関門海峡の影響はほとんどなく、豊後水道からの入射波と反射波の重ね合わせでこの定常波は形成されと考えられる¹⁴⁾。潮流の振幅は各海峡で 70 cm s⁻¹ を越えるが、各灘では大体 50 cm s⁻¹ (1 kt.) 前後である。各海峡のおよその潮流振幅を 表-2 に示す。海峡内の浅瀬の上などではこの振幅を越える場所がある。潮流の遅角の内海中央部と両水道のずれは約 40° (1 時間強) で潮汐のそれに比べて小さい。瀬戸内海を 1 次元水路とみなし、水路中央線上の潮汐・潮流の遅角分

布を 図-4 に示す。潮汐の遅角は明石海峡と来島海峡を境に大きくずれていて、潮汐・潮流の位相差からみると M₂ 潮汐波は紀伊水道、伊予灘、豊後水道で進行波的性格、明石海峡と来島海峡より内側で定常波的性格をみせることがわかる。豊後水道からの入射波は明石海峡通過時に振幅 0 近くまで減衰し、紀伊水道からの入射波は来島海峡通過時に振幅 0 近くまで減衰し、瀬戸内海中央部では両入射波の重ね合わせで定常波になるものと考えられる。このような考えで明石海峡の M₂ 潮汐振幅の極小になる理由も理解できる³⁾。大阪湾での局所的な潮流の位相遅れは鳴門海峡の存在に起因することが明らかにされている¹⁴⁾。備讃瀬戸の潮流の遅角の進みは両岸のマサツの影響と考えられるがよくわからない。潮流の遅角分布は地形の影響を強くうけ、図-4 の遅角分布は必ずしも断面流量の遅角分布を示しているわけではない。

図-5 に各点の θ_1 を結んで描いた上げ潮最盛時の流向と潮流楕円の偏平度を示す W_2/W_1 の値を示す。 W_2/W_1 が 1 になると潮流楕円は円になり、値が小さいほど楕円は直線に近くなる。各点の遅角は同一ではないがほぼ等しく、近似的に上げ潮最盛時にはこのように流れ、下げ

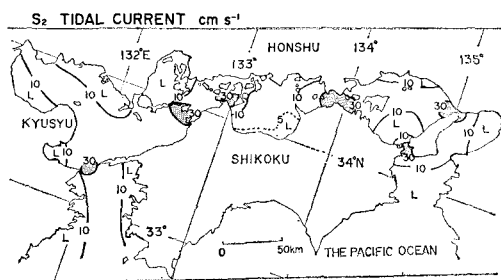
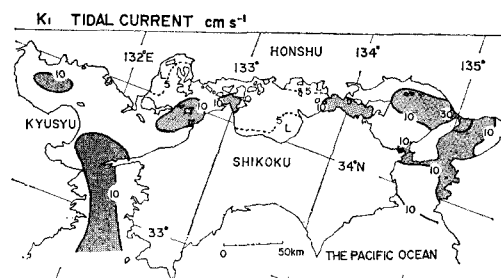
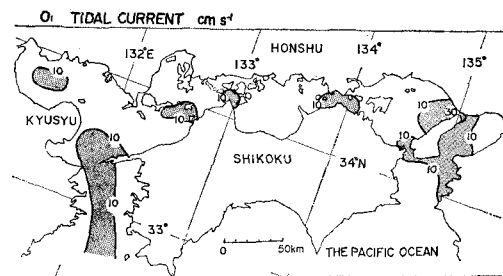
図-5 M_2 分潮流上げ潮最盛時の流向と潮流楕円の偏角度

潮最盛時にはこの逆方向に流れると考えてもよいだろう。両図を比較すると W_2/W_1 の値は海峡部で小さく、潮流のぶつかる所や流れの曲率の大きい所で大きくなっていることがわかる。

3.2 その他の分潮流

他の分潮については他の文献^{2),4)} にすでに述べられているのでここでは分潮流についてのみ触れる。

S_2 分潮流の振幅 (図-6) は瀬部で 10 cm s^{-1} 程度、海峡部で 30 cm s^{-1} を越える。 K_1 (図-7), O_1 (図-8)

図-6 S_2 分潮流の振幅図-7 K_1 分潮流の振幅図-8 O_1 分潮流の振幅

分潮流をみると明石海峡を中心に内海東部で振幅が大きいことがわかる。内海中央部、西部の瀬部での両者の振幅は $5 \sim 10 \text{ cm s}^{-1}$ 程度である。

これらの分潮流の遅角については観測精度の不十分さのためか明瞭な傾向が見出しにくかったので図示しなかった。

4. あとがき

過去積み重ねられてきた膨大な観測資料を整理し、瀬戸内海における潮汐波のふるまいをある程度明らかにできた。すでに発表した恒流に関する報告¹⁵⁾とともに、本報告が今後数多く行なわれるであろう瀬戸内海の数値・水理模型実験の検証のための原型資料として役立てば幸いである。

最後に今日まで瀬戸内海の潮汐・潮流を観測されてきた多くの先達諸氏に敬意を表するとともに、本研究を進めるにあたって有益な討論をして頂いた愛媛大学工学部助手武岡英隆氏、調和解析 KK 山田紀男氏、データ整理に御協力頂いた愛媛大学工学部学生小川浩史氏 (現日本テトラポッド KK)、貴重なデータを提供して頂いた関係各位に深甚なる謝意を表する次第である。なお資料整理に際して九州大学大型計算機センターの FACOM M-200、愛媛大学計算機室の FACOM 230-28 を使用したことを付記する。

参考文献

- 1) 小倉伸吉: 日本近海の潮汐について (其の 1), 水路要報, 12, pp. 183~190, 1933.
- 2) Ogura, S.: The tides in the seas adjacent to Japan, 水路部報告, 7, pp. 1~189, 1933.
- 3) 柳 哲雄・樋口明生: 瀬戸内海東部の潮汐・潮流, 沿岸海洋研究ノート, 第 17 巻第 2 号, pp. 145~150, 1980.
- 4) 城 松幸: 潮汐と潮流, 神戸海洋気象台彙報, 177, pp. 227~240, 1967.
- 5) 気象庁: 潮位表 (昭和 55 年版), pp. 298~299, 1980.
- 6) 中野猿人: 潮汐学, 古今書院, pp. 462~465, 1940.
- 7) 第 5 管区海上保安本部: 和歌山下津港有田区付近潮流観測報告, 和歌山下津港海南付近潮流観測報告, 紀伊水道の潮流観測報告, 鳴門の潮流観測報告, 大阪港堺区泉北港付近潮流観測報告, 1954~1965.
- 8) 第 6 管区海上保安本部: 佐田岬北岸の潮流, 伊予灘北部の潮流, 伊予灘東部の潮流, 宇和海の潮流, 南宇和海の潮流,

- 安芸灘の潮流, 広島湾南部の潮流, 徳山沖の潮流, 光港沖の潮流, 備後灘の潮流, 燧灘の潮流, 今治港の潮流, 伊予桜井沖の潮流, 芦田川河口海域の潮流, 坂出港の潮流, 各観測報告書, 1955~1977,
- 9) 第 7 管区海上保安本部: 周防灘 (宇部沖) 潮流観測報告, 伊予灘西部の潮流観測報告, 1962~1963.
- 10) 運輸省第三港湾建設局: 昭和 47 年度瀬戸内海水質保全対策調査報告書, 1973.
- 11) 運輸省第三港湾建設局: 大阪湾及びその周辺海域潮流調査報告書, 1977.
- 12) 肥後竹彦・高杉由夫・田辺弘道: 瀬戸内海全域の潮流について, 中国工業技術試験所報告, 第 12 号, pp. 81~120, 1980.
- 13) 柳 哲雄: 潮流による係留系の振動, 沿岸海洋研究ノート, 第 18 巻第 1 号, pp. 25~28, 1980.
- 14) Yanagi, T., H. Takeoka and H. Tsukamoto: Tidal Energy Balance in the Seto Inland Sea, (to be published).
- 15) 柳 哲雄・樋口明生: 瀬戸内海の恒流, 沿岸海洋研究ノート, 第 16 巻第 2 号, pp. 123~127, 1979.
-