

有明海湾奥部における潮位偏差とノリ養殖のための潮汐表の見直し

梅田智樹・伊賀田邦義*

Tide Level Deviation in the Inner Part of the Ariake Sound and Revision of the Tide Table for Nori Culture

Tomoki UMEDA and Kuniyoshi IGATA

まえがき

佐賀県有明海域で行われている支柱式ノリ養殖においては、潮汐表に基づきノリ網の張り込み水位が決められている。ここで用いられてきた潮汐表は、2000年以前は住ノ江港潮汐表であり、2001年以降は、伊賀田・首藤¹⁾により三池港を基準港として潮汐改正数による方法²⁾で作成された六角川海況自動観測塔（以下、六角観測塔とする。図1）の潮汐表（以下、六角川潮汐表とする。）である。

潮汐改正数による方法で作成された潮汐表では、潮汐改正数を数年ごとに見直すことになっており、六角川潮汐表についても、直近では2008年潮汐表作成時に見直しを行った。その後、潮汐表に記載された潮位に対し、

観測潮位が高くなる傾向が出てきており、2011年度ノリ漁期では+20~+30cmの差がみられている。このようなことから、ノリ養殖業者からは干出操作に支障を来しているとの声が多くなってきた。

一般的には、満潮・干潮時の潮位誤差（実況潮位-予測潮位。以下、潮位偏差とする。）は約30cm以内とされており³⁾、上記の差は想定範囲内ではある。ただ、正の潮位偏差が継続していることや、ノリ養殖を行う上では、10cmの潮位差でも干出時間に差が生じ（特に小潮時は著しい）、場合によっては大きな病害を招くおそれがあることから、六角観測塔における潮位偏差の変動を詳しく把握するとともに、それを解消するため六角川潮汐表の見直しを行ったのでここに報告する。

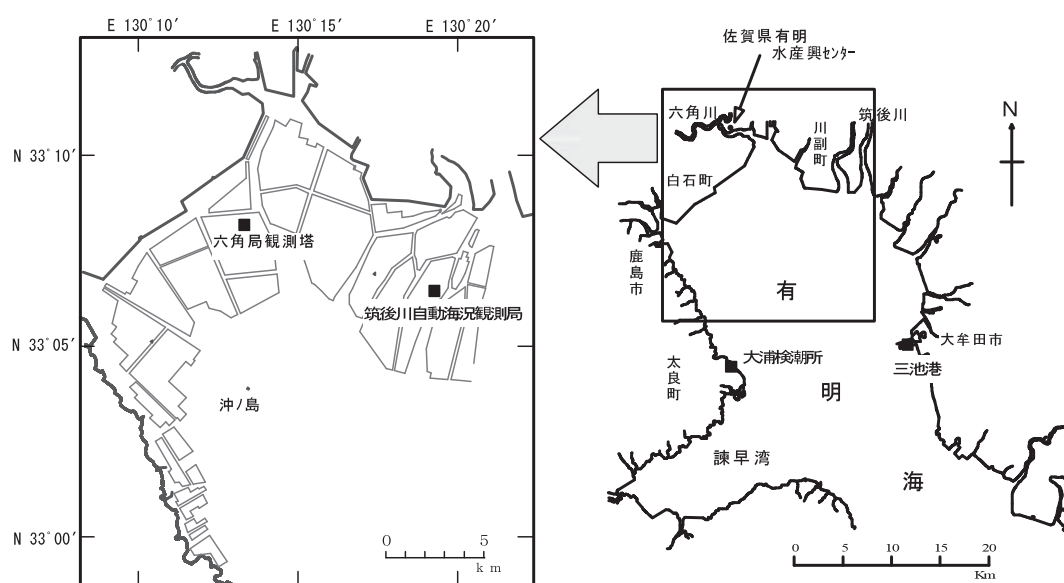


図1 海況自動観測塔および検潮所の位置

*：元佐賀県高等水産講習所

方 法

1 六角観測塔における潮位偏差の変動把握

1) 観測潮位データの処理

潮汐改正数見直し後の2008年1月1日～2012年7月31日に、主にノリ養殖期間を中心に六角観測塔で観測された潮汐データを六角潮汐表ベースに換算し、伊賀田・首藤¹⁾の方法(①異常データの検出と削除、②データ削除部および欠測部へのデータの内挿、③点検済みデータの保存の3段階)に従って処理し実況潮汐データとした。

なお、観測潮汐データの処理をはじめ、本報告の中でこれ以降に行った諸計算でもMicrosoft社の表計算ソフトExcel 2010(以下、Excel 2010とする。)を用いた。また、今回異常データの検出と欠測データの内挿において他の観測地点の潮位データを参照する場合は、佐賀県有明海漁業協同組合所有の筑後川海況自動観測塔の潮位データを用いた。

2) 潮位偏差の変動把握

1)で得られた実況潮汐データを用い、最小自乗法による2次補間を行い、当該観測期間の満潮位、干潮位を推定(同時に潮時も推定)した。これを六角観測塔における満潮実況潮位、干潮実況潮位とし、予測潮位(潮汐表潮位)との差を潮位偏差(以下、 d_H 、 d_L と記す。)として、満潮、干潮別にその変動状況を把握した。

また、この変動状況については、図1、図2に示す九州地方の3カ所の検潮所(大浦、三角、福江)における



図2 気象庁の九州地方検潮所(気象庁HPより引用)

潮位偏差も参考に、若干の検討を加えた。これら検潮所の正時ごとの潮位偏差は気象庁のホームページで公開されている。検討に用いたデータは、六角観測塔は1日の d_H と d_L の平均(以下、 d_{mHL} と記す。), 3検潮所は正時潮位偏差1日の平均である。

2 六角川潮汐表の見直し

1) 六角観測塔調和定数の算出

潮汐表の見直しに当っては、新たに六角観測塔の各分潮の潮汐調和定数(以下、調和定数とする。)を求める必要がある。そこで、表1に示す2001年8月～2012年7月のノリ養殖漁期を中心とした10期分(6.5～11ヶ月間/期、但し2004年度漁期分は欠損)の実況潮汐データを解析データとし、最小自乗法による調和解析を行った。

調和解析を行うには分離する分潮を選択しなければならないが、2)で述べるように、今回の潮汐表の見直しは、伊賀田・首藤¹⁾と同様に潮汐改正数による方法を行うため、以下の4点に留意し表2に示す24分潮を分離対象とした。

①今回用いた潮汐データの1期当たりの観測期間が1年に満たないため(6.5～11ヶ月)、伊賀田・首藤¹⁾が求めた60分潮のうち S_a 分潮が分離できず、 S_{sa} 以下の周期を有する59分潮を分離対象候補とする。

②59分潮のうち、まず4大分潮(O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2)は分離対象とする。

③4大分潮以外では、伊賀田・首藤¹⁾で分離された分潮のうち比較的振幅が大きかった分潮であり、式(1)により周期が隣接する2つの分潮の分離精度が確保できることとする。

$$|T/T_1 - T/T_2| > 1 \quad \dots \text{式(1)}$$

T: 観測期間

T_1 、 T_2 : 周期が隣接する各分潮の周期

④Excel 2010で一括計算できる範囲で、できるだけ

表1 調和解析に用いたデータ一覧

解析データ名	観測開始月日	観測終了月日	データ数
六 0108-0203	2001/8/1	2002/3/31	5,830
六 0209-0303	2002/9/1	2003/3/31	5,089
六 0309-0403	2003/9/1	2004/3/31	5,106
六 0509-0604	2005/9/13	2006/4/25	5,368
六 0609-0704	2006/9/19	2007/4/12	4,919
六 0709-0804	2007/9/19	2008/4/7	4,861
六 0809-0903	2008/9/13	2009/3/26	4,713
六 0909-1004	2009/9/10	2010/4/10	5,119
六 1009-1104	2010/9/10	2011/4/30	5,607
六 1108-1207	2011/8/31	2012/7/31	7,695

表2 調和分析で分離対象とした24分潮

No	記号	分潮	角速度 σ (°/hr)	周期 T(hr)
		分潮名		
2	S _{sa}	太陽半年周潮	0.08214	4382.9050
3	Mm	太陰月周潮	0.54437	661.3092
4	MSf	日月合成半月周潮	1.01590	354.3671
5	Mf	太陰半月周潮	1.09803	327.8590
8	Q ₁	主太陰椿率潮	13.39866	26.8684
10	O ₁	主太陰日周潮	13.94304	25.8193
15	P ₁	主太陽日周潮	14.95893	24.0659
17	K ₁	日月合成日周潮	15.04107	23.9345
22	SO ₁	S ₂ -O ₁	16.05696	22.4202
25	MNS ₂	M ₂ +N ₂ -S ₂	27.42383	13.1273
27	μ_2	太陰二均差潮	27.96821	12.8718
28	N ₂	主太陰椿率潮	28.43973	12.6584
30	OP ₂	O ₁ +P ₁	28.90197	12.4559
31	M ₂	主太陰半日周潮	28.98410	12.4206
32	MKS ₂	M ₂ +K ₂ -S ₂	29.06624	12.3855
34	L ₂	副太陰椿率潮	29.52848	12.1916
36	S ₂	主太陽半日周潮	30.00000	12.0000
38	K ₂	日月合成半日周潮	30.08214	11.9672
39	MSN ₂	M ₂ +S ₂ -N ₂	30.54437	11.7861
41	2SM ₂	2S ₂ -M ₂	31.01590	11.6070
42	MO ₃	M ₂ +O ₂	42.92714	8.3863
43	M ₃	M ₃	43.47616	8.2804
44	SO ₃	S ₂ +O ₁	43.94304	8.1924
48	M ₄	太陰1/4日周潮	57.96821	6.2103

多くの分潮を分離する。

2) 調和解析結果と潮位偏差の変動について

六角観測塔における「2008 漁期」～「2011 漁期」(4 期分)の潮位偏差の変動(表3)と、観測期間がほぼ重なる「六0809 - 0903」～「六1108 - 1207」期(4 期分)の調和解析結果(表5)の関連性について平均潮位と振幅を用いて検討した。

3) 六角川潮汐表の見直し

新たに基準港を選定し、1)で求めた調和定数、平均潮位 Z_0 を用い、潮汐改正数による方法で新たに六角川潮汐表を作成した。

基準港の選定に当たっては、従来基準港としていた三池港が使えなくなったため、以下3つの理由により大浦港を基準港とした。

①六角観測塔と同じく有明海にあり、潮汐の型も類似している。

②調和定数等が公開されている。

③大浦港の潮汐表は9月に次年の潮汐表が公開されて

おり、かなり早い段階で六角川の潮汐表の作成が可能である。

次に、潮時改正数については、

潮時改正数(分)

$$= ((\kappa'(M_2) - \kappa(M_2))/29 + (E - E') \times 2/29) \times 60 \quad \dots \text{式(2)}$$

$\kappa(M_2)$: 基準港の M_2 分潮の遅角

$\kappa'(M_2)$: ある地点の M_2 分潮の遅角

E : 基準港の東経(°)

E' : ある地点の東経(°)

により求めた。

潮高比については、

潮高比

$$= (H'(M_2) + H'(S_2)) / (H(M_2) + H(S_2)) \quad \dots \text{式(3)}$$

$H(M_2)$: 基準港の M_2 分潮の振幅

$H'(M_2)$: ある地点の M_2 分潮の振幅

$H(S_2)$: 基準港の S_2 分潮の振幅

$H'(S_2)$: ある地点の S_2 分潮の振幅

により求め、予測予時、予測潮位は、

予測潮時 = 基準港予測潮時 + 潮時改正数 \dots 式(4)

予測潮位 = $(\eta - Z_0) \times$ 潮高比 + $Z_0' \dots$ 式(5)

η : 基準港の予測潮位

Z_0 : 基準港の平均潮位

Z_0' : ある地点の平均潮位

により求めた。

4) 新しい六角川潮汐表の評価

3)で作成した六角川潮汐表(以下、新潮汐表とする。)での d_H 、 d_L と、既存の六角川潮汐表(潮汐改正数及び平均潮位は2008年潮汐表作成時と同じ。以下、既潮汐表とする。)での d_H 、 d_L を求め、これらを比較検討することにより新潮汐表を評価した。

結果および考察

1 六角観測塔における潮位偏差の変動把握

1) 六角観測塔における潮位偏差の変動

2008年1月1日～2012年7月31日の潮位偏差の推移を図3に示し、年別、ノリ漁期別の潮位偏差の平均値と標準偏差等を表3にまとめた。

図3をみると、当該観測期間を通して六角川観測塔における d_H はほぼ横這い、 d_L は僅かに増加傾向である。また、いずれもかなりの増減を繰り返しており、ある程度の周期性も認められるが、全体としては明らかに正の潮位偏差(実況潮位 > 予測潮位)の傾向にあった。

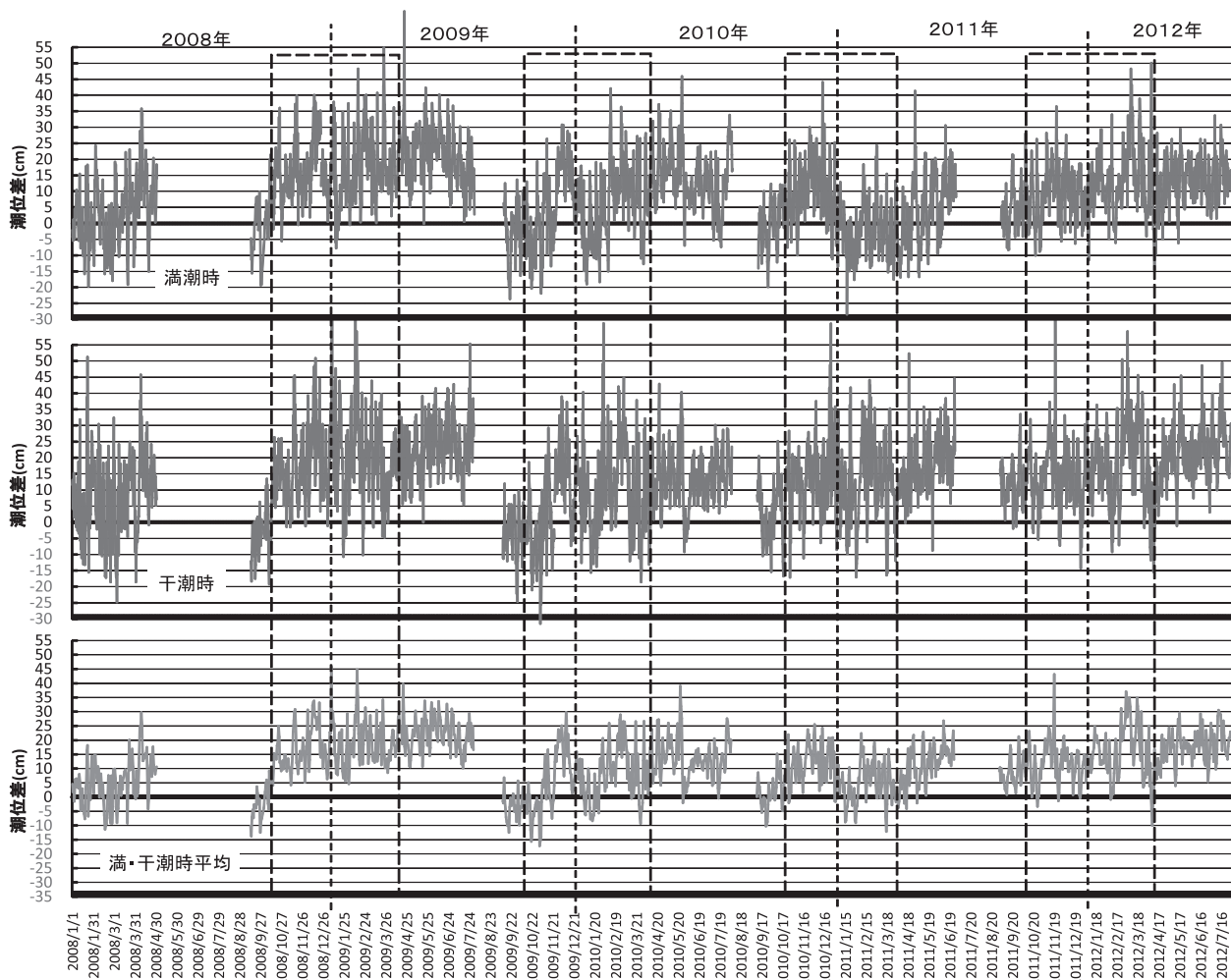


図3 六角観測塔における潮位偏差の変動 (2008/1/1~2012/7/31)
 (*破線枠囲みの部分が漁期範囲)

表3 潮汐表と六角観測塔における実測潮汐との潮位差比較
 (データ期間：2008年1月1日~2012年7月31日の潮位観測期間、詳細は表中を参照)

期	満潮時潮位偏差 (d _H)			干潮時潮位偏差 (d _L)			1日の満・干潮位偏差の平均 (d _{mHL})			1日の満・干潮位偏差の差 (d _{ΔHL})			データ期間 (月/日)
	平均 (d _{H(AV)})	標準偏差	データ数	平均 (d _{L(AV)})	標準偏差	データ数	平均 (d _{mHL(AV)})	標準偏差	データ数	平均 (d _{ΔHL(AV)})	標準偏差	データ数	
2008年	7.4	11.89	443	9.5	13.03	442	8.4	10.07	230	-1.7	10.79	230	1/1~5/1,9/13~12/31
2009年	13.9	13.22	625	15.0	15.25	626	14.5	14.28	324	-1.1	11.83	325	1/1~7/31,9/9~12/31
2010年	9.1	11.04	635	11.3	11.65	636	10.2	11.40	329	-2.1	11.09	330	1/1~8/4,9/9~12/31
2011年	3.9	10.05	577	14.3	10.54	578	9.1	11.52	293	-10.3	9.97	293	1/1~6/26,8/31~12/31
2012年	13.6	9.22	411	19.7	10.89	410	16.8	10.53	213	-6.2	9.15	213	1/1~7/31
2008 漁期	17.0	10.29	348	18.9	13.11	348	18.0	11.93	180	-1.7	12.91	180	10/15~4/12
2009 漁期	6.5	12.01	354	8.2	14.18	353	7.4	13.16	183	-1.7	11.76	183	10/13~4/13
2010 漁期	2.7	10.86	342	12.9	11.40	342	7.8	12.24	174	-10.0	11.82	174	10/22~4/16
2011 漁期	11.9	9.89	346	16.2	11.84	346	14.0	11.30	179	-4.4	9.51	179	10/13~4/8

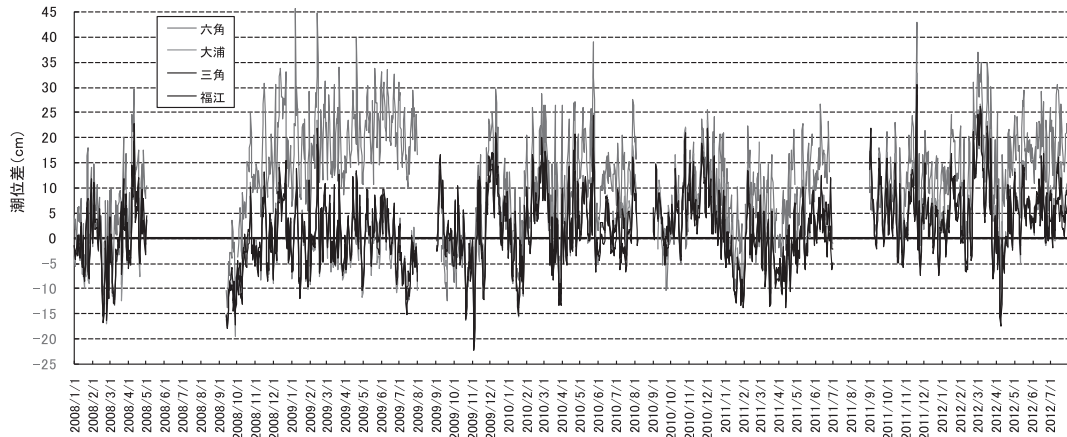


図4 六角観測塔・気象庁の九州地方3検潮所における潮位偏差日平均の推移

表4 六角観測塔・気象庁の九州地方3検潮所間の潮位偏差日平均の差まとめ

		六角観測塔-大浦		六角観測塔-三角		六角観測塔-福江		大浦-三角		大浦-福江		三角-福江	
		avg (cm)	sd (cm)	avg (cm)	sd (cm)	avg (cm)	sd (cm)	avg (cm)	sd (cm)	avg (cm)	sd (cm)	avg (cm)	sd (cm)
年 別	2008	9.8	5.35	8.8	5.90	10.2	5.92	-1.0	0.97	0.4	1.77	1.4	1.64
	2009	14.6	10.22	13.8	10.39	14.0	10.15	-0.8	1.14	-0.6	2.13	0.2	1.74
	2010	5.5	4.91	6.2	4.92	7.0	5.71	0.6	1.15	1.5	2.28	0.9	1.94
	2011	7.4	4.75	8.0	4.98	8.1	4.87	0.6	1.10	0.7	2.10	0.2	1.93
	2012	10.4	2.67	11.0	2.80	11.5	4.18	0.6	1.14	1.1	2.68	0.5	2.29

表3に示した年別、漁期別の満潮偏差の平均（以下、 $d_{H(AV)}$ と記す。）と、干潮偏差の平均（以下、 $d_{L(AV)}$ と記す。）は、潮位偏差時系列（図3）の一部を切り取った値の平均である。従って、年、漁期により増減がみられ、標準偏差もかなり大きいものとなっていた。

年別の $d_{H(AV)}$ は3.9~13.9 cm、 $d_{L(AV)}$ は9.5~19.7 cm、漁期別の $d_{H(AV)}$ は2.7~17.0 cm、 $d_{L(AV)}$ は8.2~18.9 cmとなっており、 d_L が d_H よりも若干大きい傾向にあった。

各期の d_{mHL} の平均（以下、 $d_{mHL(AV)}$ と記す。）は全て正であることから、当該観測期間における実況平均潮位は予測平均潮位よりも高く推移したと考えられた。また、 d_H と d_L の差（ $d_H - d_L$ 以下、 $d_{\Delta HL}$ と記す。）の平均（以下、 $d_{\Delta HL(AV)}$ と記す。）は全て負であることから、実況振幅は予測振幅に比べて小さく推移したと考えられた。

2) 他の検潮所との潮位偏差の変動比較

2008年1月1日~2012年7月31日の六角観測塔、大浦、三角、福江における潮位偏差の推移を図4に、潮位偏差日平均の差をまとめ表4に示した。

図4から、2008年10月頃~2009年7月頃は、六角観測塔ではかなり大きい正の潮位偏差がみられるが、他の3検潮所では平均すると殆ど潮位偏差はみられていない。しかし、2009年11月頃以降は3検潮所においても、

六角観測塔と同様に正の潮位偏差がみられていた。また、海洋の健康診断表³⁾によれば、2012年の日本沿岸の海面水位は平年値（1981~2010年平均）と比べて68 cm高く、1960年以降で最高であり、海域別にみると、北陸~九州の東シナ海側は他の海域に比べ大きな上昇がみられている。以上のことから、今回六角観測塔で観測された潮位偏差は六角観測塔だけのものでなく、有明海・九州西岸域を含むかなりの広範囲で発生している潮位偏差と同一のものであるといえた。

次に、表4をみると3検潮所間の潮位偏差は-1.0~+1.4 cmであり、同程度の大きさで推移していると考えられた。一方、六角観測塔と3検潮所の差は+5.5~+14.6 cmとかなり大きな値となっていたが、これについては、潮位偏差の日平均として六角観測塔は d_{mHL} を用いているのに対し、3検潮所は正時潮位偏差1日の平均を用いていたためと考えられた。図4において、六角観測塔の潮位偏差が大きくなっているのは、このことが原因の一つとなっていると考えられ、六角観測塔と3検潮所間の潮位偏差の比較については参考程度に止めるべきである。また、今後潮位偏差を比較検討するに当たっては、データとしては六角観測塔で用いた d_H 、 d_L に統一すると理解しやすいであろう。

表5 六角観測塔潮汐データの調和解析結果（その1）

解析期間	六 0108-0203	六 0209-0303	六 0309-0403	六 0509-0604	六 0609-0704	六 0709-0804	六 0809-0903	六 0909-1004	六 1009-1104	六 1108-1207	
調和定数 No 記号	振幅 遅角 H(cm) $\kappa(^{\circ})$	振幅 遅角 H(cm) $\kappa(^{\circ})$	振幅 遅角 H(cm) $\kappa(^{\circ})$	振幅 遅角 H(cm) $\kappa(^{\circ})$	振幅 遅角 H(cm) $\kappa(^{\circ})$	振幅 遅角 H(cm) $\kappa(^{\circ})$	振幅 遅角 H(cm) $\kappa(^{\circ})$	振幅 遅角 H(cm) $\kappa(^{\circ})$	振幅 遅角 H(cm) $\kappa(^{\circ})$	振幅 遅角 H(cm) $\kappa(^{\circ})$	
2	S _a	15.6 10.9	12.3 31.8	18.2 66.9	12.1 67.6	14.2 71.8	13.1 89.9	10.6 75.5	9.7 66.4	13.7 81.4	4.9 88.4
3	M _m	2.0 182.5	2.0 315.3	2.6 91.3	1.7 31.9	2.7 244.7	0.8 202.2	4.0 19.8	3.8 4.3	1.3 79.1	2.7 152.0
4	MS _f	2.0 42.7	2.3 6.8	1.7 27.9	2.3 356.7	1.2 317.6	3.6 58.5	2.6 39.3	0.6 262.5	3.1 73.0	0.5 238.1
5	M _f	1.0 240.2	0.9 185.6	0.7 26.5	1.0 330.0	2.6 284.7	1.1 212.9	1.2 152.4	0.8 108.3	1.3 93.2	1.5 110.8
8	Q ₁	4.5 191.8	4.4 186.0	4.3 190.3	4.2 188.9	4.2 187.3	4.5 188.2	4.5 192.0	4.3 187.7	4.1 188.4	4.4 186.3
10	O ₁	22.2 199.7	22.3 200.0	22.2 200.0	21.6 199.6	21.5 200.1	21.8 200.5	22.4 201.3	21.7 199.4	21.4 201.2	21.5 200.4
15	P ₁	9.0 226.4	9.1 223.3	8.8 224.4	8.3 224.3	8.9 224.1	8.5 227.8	8.8 225.8	8.9 223.6	8.9 227.0	8.7 222.3
17	K ₁	29.5 220.1	30.2 219.1	29.9 219.2	29.3 218.3	29.0 218.9	29.4 219.8	29.3 220.3	29.4 219.9	28.8 220.4	28.6 219.7
22	SO ₁	1.7 341.6	1.8 339.9	1.7 346.9	1.1 341.2	1.5 354.3	1.4 343.2	1.5 351.8	1.5 351.9	1.7 348.1	1.6 348.7
25	MNS ₂	4.5 308.4	3.9 317.1	4.0 321.4	4.0 317.3	4.0 325.0	3.2 329.8	3.1 303.8	4.3 308.2	4.1 316.3	3.7 320.0
27	μ_2	13.8 313.3	13.3 316.1	13.6 315.9	14.1 320.2	13.8 317.8	13.7 317.5	14.0 312.8	14.9 313.5	14.1 316.5	14.0 310.5
28	N ₂	29.4 255.6	29.8 256.6	28.8 260.0	27.4 257.5	27.4 255.9	28.2 254.9	29.3 254.6	28.6 254.8	29.0 256.1	29.9 257.5
30	OP ₂	1.4 275.9	2.2 237.2	1.9 238.5	2.4 259.6	3.7 248.0	2.9 229.0	2.3 234.6	2.9 265.4	4.9 250.9	3.8 229.1
31	M ₂	158.0 258.5	159.5 258.7	158.8 258.8	158.8 258.7	160.8 259.0	159.7 259.3	159.8 258.7	159.6 258.8	156.7 259.2	158.8 258.6
32	MKS ₂	1.9 60.9	1.5 32.1	0.8 350.2	2.1 352.0	1.5 346.6	1.9 357.7	2.0 348.1	1.7 318.1	3.1 332.7	1.8 329.7
34	L ₂	9.5 247.7	12.2 229.4	6.8 218.5	7.9 251.8	11.6 224.6	6.2 225.1	6.8 244.9	8.6 255.6	12.7 238.8	9.4 217.5
36	S ₂	71.4 292.6	73.0 293.7	73.4 293.4	72.4 293.3	73.2 294.2	72.5 294.0	73.7 293.4	73.1 294.2	70.7 294.6	71.5 294.2
38	K ₂	21.0 286.5	21.0 283.0	22.1 283.2	20.8 285.3	21.1 286.7	21.1 285.9	21.5 285.8	20.6 286.9	19.9 288.1	19.9 285.5
39	MSN ₂	2.9 53.5	3.3 68.4	3.2 66.9	3.6 54.6	3.3 84.2	3.8 77.4	4.0 79.4	3.2 62.4	2.8 64.0	2.7 72.0
41	2SM ₂	5.9 88.4	6.5 86.9	6.9 91.3	6.9 87.2	6.6 92.1	6.5 85.4	6.8 92.4	6.6 83.7	6.3 85.6	5.5 85.6
42	MO ₃	1.9 143.3	2.3 162.4	2.6 155.3	2.9 133.8	2.5 135.6	2.3 138.4	2.2 130.1	1.8 144.0	2.1 148.0	2.7 152.9
43	M ₃	2.0 17.8	2.4 20.9	2.4 4.6	2.4 354.0	1.8 9.7	1.6 12.6	2.2 20.9	2.3 25.8	2.4 19.4	2.5 15.1
44	SO ₃	1.5 171.7	1.5 177.9	1.8 174.4	1.9 164.7	1.8 182.0	1.8 170.7	1.8 166.3	2.0 168.3	1.7 164.3	1.3 176.2
48	M ₄	1.9 74.9	1.9 64.6	1.8 74.6	1.5 89.7	1.8 84.8	1.8 77.0	1.8 75.6	1.8 74.4	1.5 70.4	1.5 76.1
平均潮位(Z ₀) (cm)	298.3	309.1	296.3	292.5	304.9	294.5	308.3	298.5	298.7	314.4	

2 六角川潮汐表の見直し

1) 六角観測塔調和定数の算出

今回の調和解析結果（10期分）とその平均（調和定数は10期平均、平均潮位は直近5期平均）及び伊賀田・首藤¹⁾の調和解析結果を表5に示した。

まず、日本近海における4大分潮については、O₁分潮は振幅（cm以下省略）21.4~22.4（21.9 ± 0.38（平均値 ± 同標準偏差、以下同じ。）、遅角（°以下省略）199.4~201.3（200.2 ± 0.64）、K₁分潮は振幅28.6~30.2（29.4 ± 0.5）、遅角218.3~220.4（219.6 ± 0.68）、M₂分潮は振幅156.7~160.8（159.1 ± 1.13）、遅角258.5~259.3（258.8 ± 0.26）、S₂分潮は振幅70.7~73.7（72.5 ± 1.00）、遅角292.6~294.6（293.8 ± 0.59）であり、各分潮とも安定した調和定数が求められた。また、伊賀田・首藤¹⁾が有明海において4大分潮以外で大きく

安定しているとした μ_2 分潮は振幅13.3~14.9（13.9 ± 0.42）、遅角310.5~320.2（315.4 ± 2.86）、N₂分潮は振幅27.4~29.9（28.8 ± 0.90）、遅角254.6~260.0（256.4 ± 1.64）、K₂分潮は振幅19.9~22.1（20.9 ± 0.67）、遅角283.0~288.1（285.7 ± 1.59）であり、これらの分潮についても安定した調和定数が求められた。

以上の7分潮については、M₂分潮と μ_2 分潮の振幅が伊賀田・首藤¹⁾よりもごく僅か大きく算出されたものの、ほぼ同様の調和定数が得られた。これら7分潮以外では、振幅がやや大きいQ₁、L₂、2SM₂の3分潮の潮汐調和定数も伊賀田・首藤¹⁾にかなり近似した値として求められた。

一方、今回分離した分潮の中で最も周期が長いS_{sa}分潮については、振幅4.9~18.2（12.4 ± 3.60）、遅角10.9~89.9（65.1 ± 25.00）で、平均値は伊賀田・首藤¹⁾とはかなりの差がみられ、ばらつきは他の分潮よりも大きかった。しかし、

表5 六角観測塔潮汐データの調和解析結果（その2）

解析期間 調和定数 No 記号	平均値 { 振幅・遅角：10ヶ期間平均値 } { 平均潮位：直近5ヶ期間平均値 }								伊賀田・首藤 ¹⁾ 報告分(2001)	
	振幅 H(cm)				遅角 κ (°)				振幅 H(cm)	遅角 κ (°)
Ave	Max	Min	sd	Ave	Max	Min	sd			
2 S _{sa}	12.4	18.2	4.9	3.60	65.1	89.9	10.9	25.00	4.6	3.3
3 M _m	2.4	4.0	0.8	1.01	132.3	315.3	4.3	104.11	1.8	357.2
4 M _{Sf}	2.0	3.6	0.5	1.00	358.3	356.7	6.8	65.89	2.0	44.1
5 M _f	1.2	2.6	0.7	0.54	174.5	330.0	26.5	94.10	2.6	202.9
8 Q ₁	4.3	4.5	4.1	0.15	188.7	192.0	186.0	2.09	4.6	185.7
10 O ₁	21.9	22.4	21.4	0.38	200.2	201.3	199.4	0.64	22.4	199.0
15 P ₁	8.8	9.1	8.3	0.24	224.9	227.8	222.3	1.77	8.8	223.9
17 K ₁	29.4	30.2	28.6	0.46	219.6	220.4	218.3	0.68	29.2	220.5
22 SO ₁	1.6	1.8	1.1	0.22	346.8	354.3	339.9	5.08	2.0	2.7
25 MNS ₂	3.9	4.5	3.1	0.43	316.7	329.8	303.8	8.03	2.9	324.4
27 μ_2	13.9	14.9	13.3	0.42	315.4	320.2	310.5	2.86	12.5	318.8
28 N ₂	28.8	29.9	27.4	0.90	256.4	260.0	254.6	1.64	27.9	255.3
30 OP ₂	2.8	4.9	1.4	1.06	246.8	275.9	229.0	16.02	2.3	183.4
31 M ₂	159.1	160.8	156.7	1.13	258.8	259.3	258.5	0.26	157.2	257.9
32 MKS ₂	1.8	3.1	0.8	0.58	354.8	357.7	32.1	30.50	2.4	29.6
34 L ₂	9.2	12.7	6.2	2.35	235.4	255.6	217.5	14.14	7.4	231.0
36 S ₂	72.5	73.7	70.7	1.00	293.8	294.6	292.6	0.59	70.2	293.2
38 K ₂	20.9	22.1	19.9	0.67	285.7	288.1	283.0	1.59	20.2	288.0
39 MSN ₂	3.3	4.0	2.7	0.43	68.3	84.2	53.5	10.19	3.2	75.6
41 2SM ₂	6.4	6.9	5.5	0.46	87.9	92.4	83.7	3.10	5.4	91.7
42 MO ₃	2.3	2.9	1.8	0.35	144.4	162.4	130.1	10.32	2.8	137.2
43 M ₃	2.2	2.5	1.6	0.32	14.1	354.0	4.6	9.35	1.6	7.0
44 SO ₃	1.7	2.0	1.3	0.21	171.7	182.0	164.3	5.94	1.8	172.0
48 M ₄	1.7	1.9	1.5	0.17	76.2	89.7	64.6	6.93	1.8	74.5
平均潮位 (Z ₀) (cm)	302.9	314.4	294.5	8.18					302.9	

4期のうち「六1108 - 1207」期のS_{sa}分潮の振幅は4.9 cmであり、伊賀田・首藤¹⁾にかなり近い値となった。

平均潮位Z₀ (cm)については、294.5~314.4 (302.9 ± 8.18) とかなりの変動はみられるが、平均すると伊賀田・首藤¹⁾とはほぼ同じであった。

2) 調和解析結果と潮位偏差の変動について

平均潮位の変動と潮位偏差の変動の関係を検討するため、図5に「2008 漁期」～「2011 漁期」の期毎のd_{mHL(AV)}と、「六0809 - 0903」～「六1108 - 1207」期の解析期毎の平均潮位Z₀と既潮汐表で使われている平均潮位299 cmとの差（以下、 ΔZ_0 と記す。）の関係を示した。同様に、振幅の変動と潮位偏差の変動の関係を検討するために、図6に漁期毎のd_{HL(AV)}と、分析期毎に求めた「M₂振幅+S₂振幅」と既潮汐表で潮高比の計算に使われている「M₂振幅(159.4 cm)+S₂振幅(73.0 cm)」の比(以下、

[M₂+S₂]比と記す。)との関係を示した。ただし、潮位偏差のデータ期間と調和解析のデータ期間は、完全には一致していないことには留意する必要がある。

図5をみると、データ数が僅か4ヶと少ないものの、潮位偏差からみた実況平均潮位の変動指標となるd_{mHL(AV)}と ΔZ_0 には正の相関があることがうかがえ、1-1)で平均潮位について述べたことが、調和解析の結果によりある程度は裏付けられたといえる。ただ、「六0909 - 1004」期、「六1009 - 1104」期の平均潮位Z₀は、298.5 cm, 298.7 cmと既潮汐表の299 cmよりも僅かに低く、潮位偏差の変動からの予想に反した結果となった。しかしながら、表3でこの2解析期に対応する2漁期(2009 漁期, 2010 漁期)のd_{mHL(AV)}をみると、7.4 cm, 7.8 cmと実況平均潮位は他の2漁期よりもかなり低くなってお

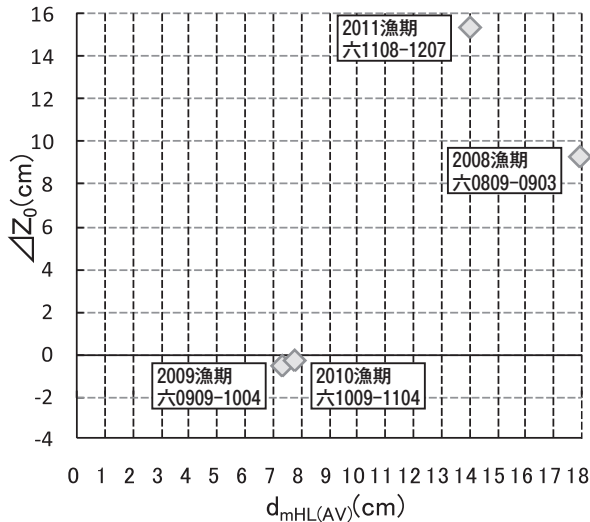


図5 漁期毎の $d_{mHL(AV)}$ と、解析データ期毎の平均潮位 Z_0 と既潮汐表平均潮位との差 (ΔZ_0) の関係

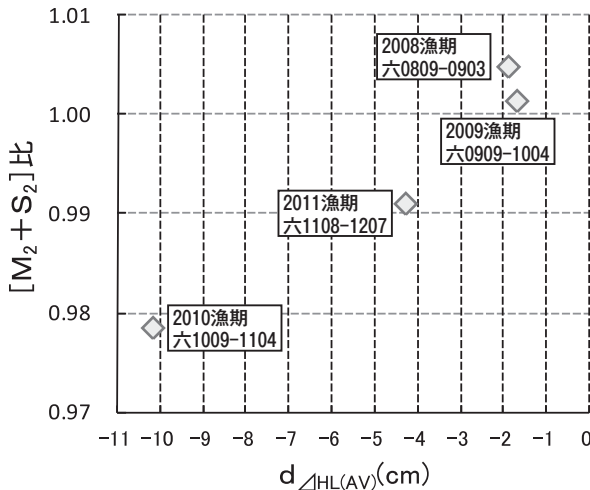


図6 漁期毎の $d_{\Delta HL(AV)}$ と、分析期毎の $[M_2+S_2]$ 比との関係

り、傾向としては納得できるものであった。

次に図6をみると、潮位偏差からみた実況振幅の変動指標となる $d_{\Delta HL(AV)}$ と $[M_2+S_2]$ 比についても正の相関があることがうかがえ、1-1)で振幅について述べたことが、調和解析の結果によりある程度は裏付けられたといえる。ただ、「六0809-0903」期と「六0909-1004」期の $[M_2+S_2]$ 比は1を僅かに上回っており予想に反した値となった。しかしながら、表3でこの2解析期に対応する2漁期(2008漁期, 2009漁期)の $d_{\Delta HL(AV)}$ をみると、ともに -1.7 cmと他の2漁期よりは実況振幅の減少幅は小さく、また、 M_2 分潮と S_2 分潮の振幅だけで実況振幅が規定されるわけではないので、平均潮位と同様に傾向としては納得できるものであった。

通常は、ある観測地点における潮汐調和定数は、安定

した値として求められ、平均潮位 Z_0 は計算上その残差平均として算出される。そして、相当期間にわたり潮位偏差が発生している状況下で観測された潮汐データを用いて求められた潮汐調和定数、平均潮位 Z_0 は、潮位偏差の変動パターンによっては従来とは違う値となることは容易に想像できる。ここでは、潮位偏差の変動と調和解析結果の間には、傾向的には相関がうかがわれたが、個々の数値をみると必ずしもすべての数値に整合性があるというものではなかった。また、 S_{sa} 分潮の振幅のばらつきが大きかったことに関しては、図3を見るかぎりにおいては、潮位偏差の変動が影響している可能性は否定できない。潮位偏差の動向と調和解析結果の関係をより明らかにするためには、観測事例を積み重ねるとともに、潮位偏差データそのものにも詳細な解析を加える必要がある。

3) 六角川潮汐表の見直し

表6に大浦港の24分潮の調和定数を示した。2-1)で求めた六角観測塔の調和定数と比較すると、ほぼ同じかかなり近似した値であり、大浦港を基準港とすることに何ら問題ないと判断できたので、大浦港を基準港として潮汐改正数による方法で2012年1月1日~2012年11月12日の六角川の新潮汐表を作成した。

予測潮位の推算に使用する調和定数と平均潮位について、気象庁の方法に準ずるのであれば、調和定数は10年間の平均値、平均潮位は5年間の平均値を使用する^{4,5)}べきである。しかし、今回の潮汐表の見直しは、現在みられている潮位偏差の解消を目的としているため、以下のように六角観測塔の調和定数(M_2 分潮, S_2 分潮)と平均潮位 Z_0 を採用した。計算に必要な大浦港と六角観測塔に係る数値を表7に示した。

平均潮位 Z_0 は直近の潮位観測期間であることと潮位偏差の大きさを勘案し、「六1108-1207」期の解析から得られた314cmを使用した。調和定数についても、「六1108-1207」期の解析結果と10期の解析結果の平均がほぼ同じであったため、平均潮位 Z_0 と同じく「六1108-1207」期の解析から得られた、 M_2 分潮振幅158.8cm, S_2 分潮振幅71.5cm, M_2 分潮遅角258.6°を使用した。

表7の数値を式(2)と式(3)に代入し、

$$\text{潮時改正数} = 4.07 \text{分} \approx 4 \text{分}$$

$$\text{潮高比} = 1.058$$

を求め、これらの数値を式(4)、式(5)に代入し、新潮汐表の潮時は、

$$\text{潮時} = \text{大浦港の潮時} + 4 \text{分} \quad \cdots \text{式(4)}$$

潮位は、

$$\text{潮位 (cm)} = (\text{大浦港潮位} - 268) \times 1.058 + 314$$

…式 (5)

表6 大浦港の潮汐調和定数
(2012; 気象庁 HP より引用, 抜粋)
計算機関: 気象庁
計算方法: フーリエ解析法

調和定数		振幅	遅角
No	記号	H(cm)	$\kappa (^{\circ})$
2	S _{sa}	1.5	2.8
3	M _m	0.3	80.0
4	M _{Sf}	0.9	50.6
5	M _f	0.2	95.9
8	Q ₁	4.5	187.4
10	O ₁	22.1	198.9
15	P ₁	9.0	221.5
17	K ₁	28.9	219.2
22	SO ₁	1.4	338.7
25	MNS ₂	3.1	308.9
27	μ_2	11.3	310.2
28	N ₂	27.3	254.3
30	OP ₂	2.1	220.8
31	M ₂	150.6	256.8
32	MKS ₂	2.3	10.2
34	L ₂	7.6	236.9
36	S ₂	67.1	291.5
38	K ₂	19.0	65.3
39	MSN ₂	1.3	149.7
41	2SM ₂	5.1	87.4
42	MO ₃	2.0	150.7
43	M ₃	1.9	7.7
44	SO ₃	1.4	179.8
48	M ₄	0.6	107.8
平均潮位 (Z ₀) (cm)		268.0	

表7 六角川新潮汐表作成のための大浦港および六角観測塔の各要素一覧

	経度 (東経 $^{\circ}$)	潮汐表 平均潮位 (cm)	M ₂		S ₂	
			振幅 H(cm)	遅角 $\kappa (^{\circ})$	振幅 H(cm)	遅角 $\kappa (^{\circ})$
大浦港	130.217	268	150.6	256.8	67.1	291.5
六角観測塔	130.133	314	158.8	258.6	71.5	294.2

表8 新潮汐表と既潮汐表の作成に係る数値

	新潮汐表	既潮汐表
基準港	大浦港	三池港
潮時改正数(分)	+ 4	+ 7
潮高比	1.058	1.083
平均潮位(cm)	314	299

により求めた。

なお, 新潮汐表と既潮汐表の作成に係る数値の一覧を表8に示す。

4) 新しい六角川潮汐表の評価

2012年9月28日~11月12日の新潮汐表と既潮汐表によるd_H, d_Lの推移を図6に, d_{H(AV)}, d_{L(AV)}を表9に示した。

図7をみると, d_H, d_Lともに新潮汐表では明らかに小さくなっている。また, 表9では新潮汐表によるd_{H(AV)}は1.5 ± 9.38cm (平均値 ± 同標準偏差, 以下同じ), d_{L(AV)}は3.8 ± 10.62cmとなり, 既潮汐表ではd_{H(AV)}は14.7 ± 9.34cm, d_{L(AV)}は20.4 ± 10.64cmとなっているので, 新潮汐表を用いることにより数字としてはd_{H(AV)}を13.1cm, d_{L(AV)}を16.6cmも縮小できたことになる。

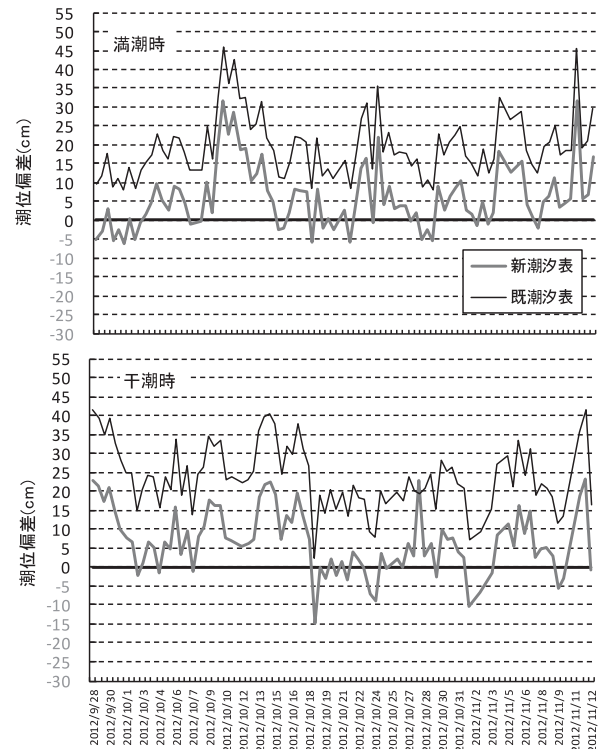


図7 六角川新潮汐表と既潮汐表による潮位偏差の推移による潮位偏差の変動
(2012年9月28日~2012年11月12日)

表9 新潮汐表と既潮汐表による潮位偏差の比較
(2012年9月28日~2012年11月12日)

	満潮位偏差 (d _H)			干潮位偏差 (d _L)		
	平均 (d _{H(AV)})	sd	データ数	平均 (d _{H(AV)})	sd	データ数
既潮汐表	14.7	9.34		20.4	10.64	
新潮汐表	1.5	9.38	498	3.8	10.62	494
差(既-新)	13.1	-	-	16.6	-	-

以上のように、潮汐表見直しの成果は顕著であり、大浦港を基準港として、直近の観測データに基づき求めた潮汐調和定数と平均潮位を用いて新たに作成した六角川潮汐表は、十分に評価できるものである。

六角川潮汐表は、有明海の漁業、とりわけノリ養殖のために、佐賀県有明水産振興センターが作成したものである。潮位偏差が発生する原因は様々であり、その発生を抑制することは不可能であることを考えると、長期にわたり顕著な潮位偏差（潮位誤差）がみられ、ノリ養殖管理に支障が出るようであれば、その都度毎年の潮汐表を見直し、潮位偏差に対して柔軟に対応することは、ノ

リ養殖を指導する上で有効である。

文 献

- 1) 伊賀田邦義・首藤俊雄(2001):有明湾奥部における潮位観測と潮汐の調和解析および潮汐表の作成. 佐有水研報, (20), 1-12.
- 2) 和達清夫 監修(1987):潮汐の予測. 海洋大事典, 353-356, 東京堂出版.
- 3) 海上保安庁水路部(1975):改正数・非調和定数. 書誌第781号潮汐表第1巻日本及び付近.