

自動観測システムの利用-I

— 水温の日周変化と潮候 —

吉本 宗央

Utilization of Automatic Observation System in the Ariake sea - I Diurnal Periodicity of Water Temperature and Influence of Tides on Water Temperature

Muneo YOSHIMOTO

まえがき

水温は有明海の主幹漁業であるノリ養殖では病害発生の予測や網管理の目安^{1,2)}とされ、また、魚介類の産卵期や回遊の指標^{3,4)}とされるなど水産業の分野で広く利用されている環境要素である。当水試では浅海定線調査⁵⁾など有明海湾奥全域にわたる調査や自動観測装置による連続観測などを実施し、データを蓄積してきた。

このうち、自動観測装置⁶⁾については、現在、本県の有明海湾奥に4基の海上局(観測塔)があり、9月～翌年3月を中心に稼働している。観測項目は水温、塩分、気温などで、0～23時の毎正時に一日に24回の観測を行なっている。この水温は他のデータと共に日報や旬報として漁業者に提供されるが、それには速報性の面から満潮時の観測値が一般的に使用されている。また、各種の航走観測⁷⁾はほとんどが満潮時に実施され、調査・試験結

果の解析においても、満潮時水温で日水温を代表させることが多い。ところで、陸上においては、通常、日平均気温が代表値とされるように、温度水準を表現するものとして日平均値が優れている⁷⁾ことは自明であろう。つまり、満潮時観測値の使用に当っては、日平均値や最高、最低水温との関係など日周変化の中におけるその位置について十分に承知しておくことが必要なのである。しかし、このような満潮時観測値の特性についての知見^{7,8)}はほとんどないといえる。

そこで、自動観測塔の中で最も観測年数が長い、早津江川観測塔の1971～1990年のデータを用い、水温の日周変化と潮候の関係や満潮時水温と日平均、最高、最低値との関係などについて解析を行なったので報告する。

方 法

水温データは早津江川自動観測塔における1971～1990年の9～12月の観測値を使用した。同観測塔は有明海の湾奥東部、早津江川の滞筋にあり、設置地盤高(潮位)は0 m程度である。観測項目は水温、塩分と気温、日観測時間は0～23時まで毎正時24回である。

昼間満潮時水温としたのは、潮汐表(後記)記

載の満潮時刻(日に2回)の中で午前6時から午後6時までのものを選び、その直近の正時観測値のことであり、現在の使用慣行通りである。日平均水温観測時間は、水温の変動具合から、その間に当然、平均値を記録したであろう2つの正時を見つけ出して、平均値と観測値の差が小さい方とした。また、このセンサーの特性として、潮位1

表1 選出日の月齢別潮汐¹⁾

月 齢 /	月 / 選出 ²⁾ 日 数		満 潮				干 潮			
			午 前		午 後		午 前		午 後	
			時 間	潮 位	時 間	潮 位	時 間	潮 位	時 間	潮 位
オテガラ	9	15	0:17	4.95	1:14	4.59	6:47	1.21	7:11	2.35
	10	20	0:01	4.70	0:58	4.48	6:29	1.16	6:58	2.37
	11	20	0:17	4.35	1:20	4.36	6:48	1.12	7:28	2.23
	12	18	0:49	4.24	1:38	4.40	7:13	1.04	7:55	1.85
小 潮	9	17	2:46	3.89	5:35	4.05	10:04	2.05	11:40	2.75
	10	18	2:33	3.82	4:53	4.07	9:33	1.93	11:13	2.57
	11	20	3:19	3.66	4:38	4.05	9:44	1.93	11:10	2.16
	12	19	3:03	3.70	3:39	4.06	9:14	1.82	10:24	1.84
オキグチ	9	15	6:37	4.37	7:37	4.87	0:55	2.35	0:58	1.41
	10	20	6:22	4.33	7:05	4.82	0:30	2.07	0:32	1.51
	11	20	6:30	4.41	6:47	4.72	0:24	1.59	0:32	1.57
	12	18	6:47	4.44	6:44	4.60	0:23	1.11	0:43	1.63
大 潮	9	15	10:57	5.69	11:02	5.65	4:49	0.67	5:04	0.97
	10	19	10:16	5.59	10:13	5.46	4:02	0.52	4:20	1.13
	11	20	9:53	5.70	9:45	5.45	3:28	-0.04	3:56	1.00
	12	19	10:12	5.47	9:57	5.23	3:38	-0.27	4:13	1.07

1) 全選出日の平均潮汐 2) 1971~1990年の全選出日

mを切ると干出するため大潮干潮時前後の2~4時間は欠測を生じる。このため定時観測値の累年平均に当っては1年でも欠測があった場合にはその時間は欠測として処理した。

センサーはフロートによって上下し、水面下約35cm(白金抵抗体の位置)の水温を測定する。測定範囲は0~32°C、精度は±0.1°Cである。その他、自動観測システムの仕様についての詳細は、別報⁹⁾記載のとおりである。

潮汐及びその月齢変化は、佐賀県有明海漁業協同組合連合会の発行した潮汐表*の数値をそのまま引用した。日観測データ(0~23時までの毎正時観測値)は、月齢によって潮汐が変化することを考慮し、一定の潮汐下における水温変化をみるために、毎月、月齢別に区分して集計することとした。月齢としては毎月の大潮(新月または満月の1~3日後)、小潮(下弦または上弦から1~3日後)、大潮→小潮の中間潮(月齢4または18前

後:通称オテガラ)、小潮→大潮の中間潮(月齢11または25前後:通称オキグチ)の4潮とし、1971~1990年の毎年の9~12月から月別にこれらの潮候に該当する4日を選出した。選出日のデータは月別、月齢別に時間別累年平均などの数的処理を行なった。大潮及び小潮は月の2回のうち潮差の大きい方で、しかもピークの日を原則として選出した。選出した月齢別の潮汐は表1のとおりであり、9~12月で潮差や満、干潮時間にはそれほど差はない。

なお、本文中、中間潮の名称として通称名であるオテガラとオキグチをそのまま使用した。また、月齢に伴う潮汐変化(オテガラ→小潮→オキグチ→大潮)のことをさす適当な名称がないので、ここでは“月齢”という用語でこの変化を表わし、“潮汐”は主として潮の干満の日周変化の意味で用いることとした。

*住之江港(SU)の潮汐であり、三池港(MI)を基準として時刻を+20分、潮高をSUの平均潮高296cm+1.1×(MIの潮高-MIの平均潮高270.1cm)として補正したもの。

結果及び考察

1. 月齢と潮汐

12月の潮汐変化曲線（1971～1990年平均）を月齢別に図1に示す。

潮汐の概要は月と地球の位置で決まるものであるが、現実の日周変化には地域の特性がある⁹⁾とされている。有明海が1日に2周期の干満を繰り返す典型的な2回潮であることは周知のとおりである。潮汐の日周リズム（図1）は月齢に関係し、オテガラ→小潮→オキグチ→大潮と月齢が変化するにつれ、満潮時は午前が0, 3, 6, 10時, 午後が1, 4, 7, 10時前後へと、干潮時は同様に6, 9, 0, 4時, 7, 11, 1, 4時前後へと変化する。また、潮差も3.3, 2.2, 3.5, 5.5m前後へと変化する。9～11月におけるこのような潮汐と月齢の関係は、時間や潮位に12月と多少の違い（ズレ）があるが、基本的には図1とほとんど同じものと考えてよいであろう。

さて、同一の季節、月においては、ある月齢下における潮汐リズムは毎年ほぼ一定であり、例えば大潮では満潮時は午前10時から午後10時頃であり潮差は5～6 m程度と決まっているのである。したがって、水温の日変化を月齢別に扱うことは、

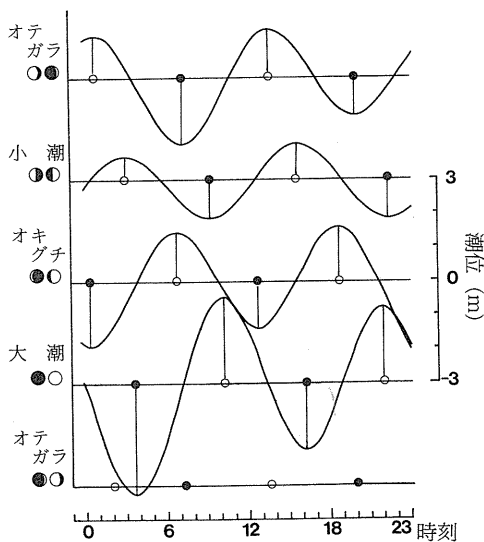


図1 月齢と潮汐の関係

同一潮汐下における日周変化を重ね合わせて比較していることになる。また、水温と潮汐に一定の時間的な関係が存在するならば、それは月齢とともに変化するはずである。

2. 日周期の抽出

水温(T)の日周変化に周期性¹⁰⁾があるものと考えたと次の様に表現できる。

$T = A + \Delta T + e$ A: 日平均水温, ΔT : 周期変化部分, e: 周期変化からのズレ

つまり、水温を平均値に周期性を持った凹凸とその日の天候に起因した周期変化からのズレが加わったものと考えるのである。Aは選出した日の温度水準を示す一定値で、 ΔT はその日の温度水準によらず、潮汐や気温変化の影響を受けて一定の変化パターンを示す部分を表わしている。さて、月齢別、月別に整理した観測値がほぼ同じ潮汐と気温の日周リズム下にあると考えると、ある年(i)のある時間(j)の観測値は次のようになる。

$$T_{ij} = A_i + \Delta T_j + e_{ij}$$

時間別に累年平均を計算すると

$$T_{.j} = T_{.} + \Delta T_j + 1/n \cdot \sum_{i=1}^n e_{ij} \quad T_{.j}: \text{時間}(j) \text{の累年平均値}, T_{.}: T_{.j} \text{の日平均値}$$

上式のズレを表わす項はゼロに近いことが期待でき、したがって ΔT_j は各時刻の累年平均を求め、その累年平均の日平均値を差し引くことで計算できるのである。

図2は月齢別、月別に各年(選出日)の水温日変化を示したものである。また、図3には時間毎に累年平均を計算しその日変化を示した。図2の曲線の凹凸(極値)部分の重なり具合などから視覚的には周期性が存在するものと判断でき、図3の曲線はほぼ日周リズムを表わすものと推測できる。しかし、これを日周期を示す曲線と認めるにはさらに具体的に実測値のバラつきの程度(つまり、この曲線がどの程度実測値を代表しているか)について吟味しておく必要がある。

そこで、月齢別、月別に日平均値、最高値、最

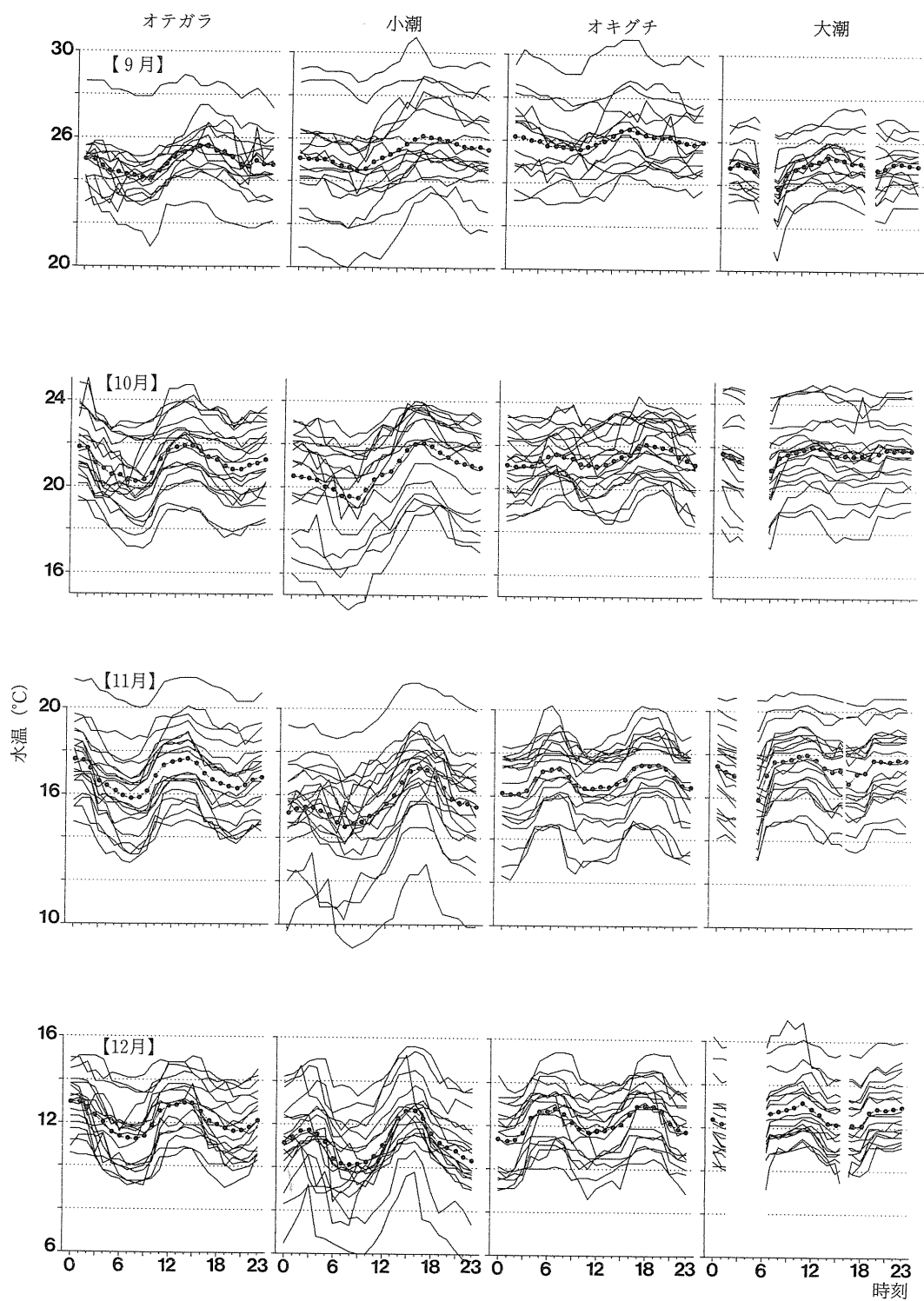


図2 月別・月齢別の水温日変動 (●: 累年平均)

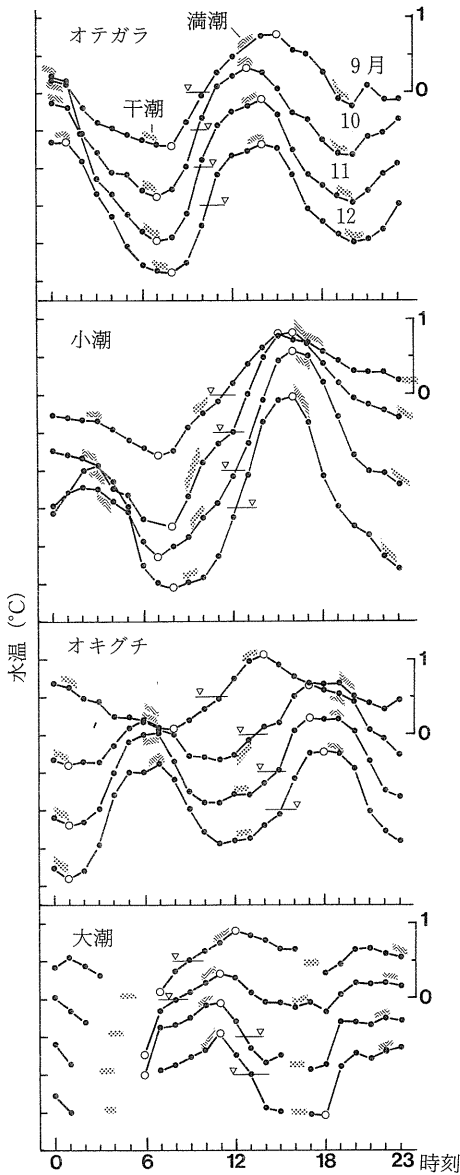


図3 水温の日周変化曲線
(○:日最高・最低, ▽:日平均)

低値の観測回数の累計頻度分布を図4に示し、その観測時間がどの時間帯に分布し、どの程度バラついているかをみてみた。さらに、曲線の凹凸(極値)と平均値の存在を調べるため次のような指標を用いた。

$$I_{Maxj} = 1/n \cdot \sum_{i=1}^n (x_{iMax} - x_{ij}), \quad x_{iMax}: i \text{ 年の最大値}$$

$I_{Minj} = 1/n \cdot \sum_{i=1}^n |x_{iMin} - x_{ij}|$, x_{iMin} : i 年の最小値
 $I_{Avej} = 1/n \cdot \sum_{i=1}^n |x_{iAve} - x_{ij}|$, x_{iAve} : i 年の平均値
 図中にはこれら指標の極小値を示した。 I_{Max} が極小となる時間帯では日変化の凸部の出現している可能性が高く、また、同様に I_{Min} の極小値では凹部が、 I_{Ave} の極小値では平均値の出現している確率が高いと考えられる。

観測回数の頻度分布には一定の時間帯にモードの出現が見られ、全般に水温変化には周期性があるものと判断できる。また、頻度分布のモードと I 指標の極値は非常によく一致して認められる。さらに、 I 指標の極値は図3の曲線の極値とほとんど一致する。また、頻度分布のモードは9月から11、12月に向かうほど鋭くなり、最高、最低値と平均値の観測時間帯が決まってくることを示している。月齢別に見ると大潮の最低値や小潮の最高値のモードは11、12月には特に尖鋭化する。一方、オキグチでは日中のモードが明確にならない。また、オテガラでは最高値のモードが夜間と日中の二回にわかれて出現する。

さて、図3の日変化曲線は、頻度分布(図4)に示された日平均値、最高値、最低値の出現時間帯の特徴をよく表現しているといえることができる。変化曲線の極値と I 指標の極小値、分布モードの一致は、この曲線が出現頻度の最も高い変化パターンを表現しており、実測値を代表していることを示唆する。したがって、図3は水温変化の日周期を示すもので、頻度分布の尖鋭度から判断して、11、12月に向かうほど周期性は高い(曲線からの実測値のバラつきは小さい)といえるであろう。

3. 水温の日周変化と潮汐

図3をもとに水温の日周変化と潮汐の関係について考察する。

(1) オテガラ

極大、極小はそれぞれ1日2回、午前と午後に出現するが、それは満潮、干潮の時間帯の直後である。最高値は夜間満潮時直後の午前1時か昼間

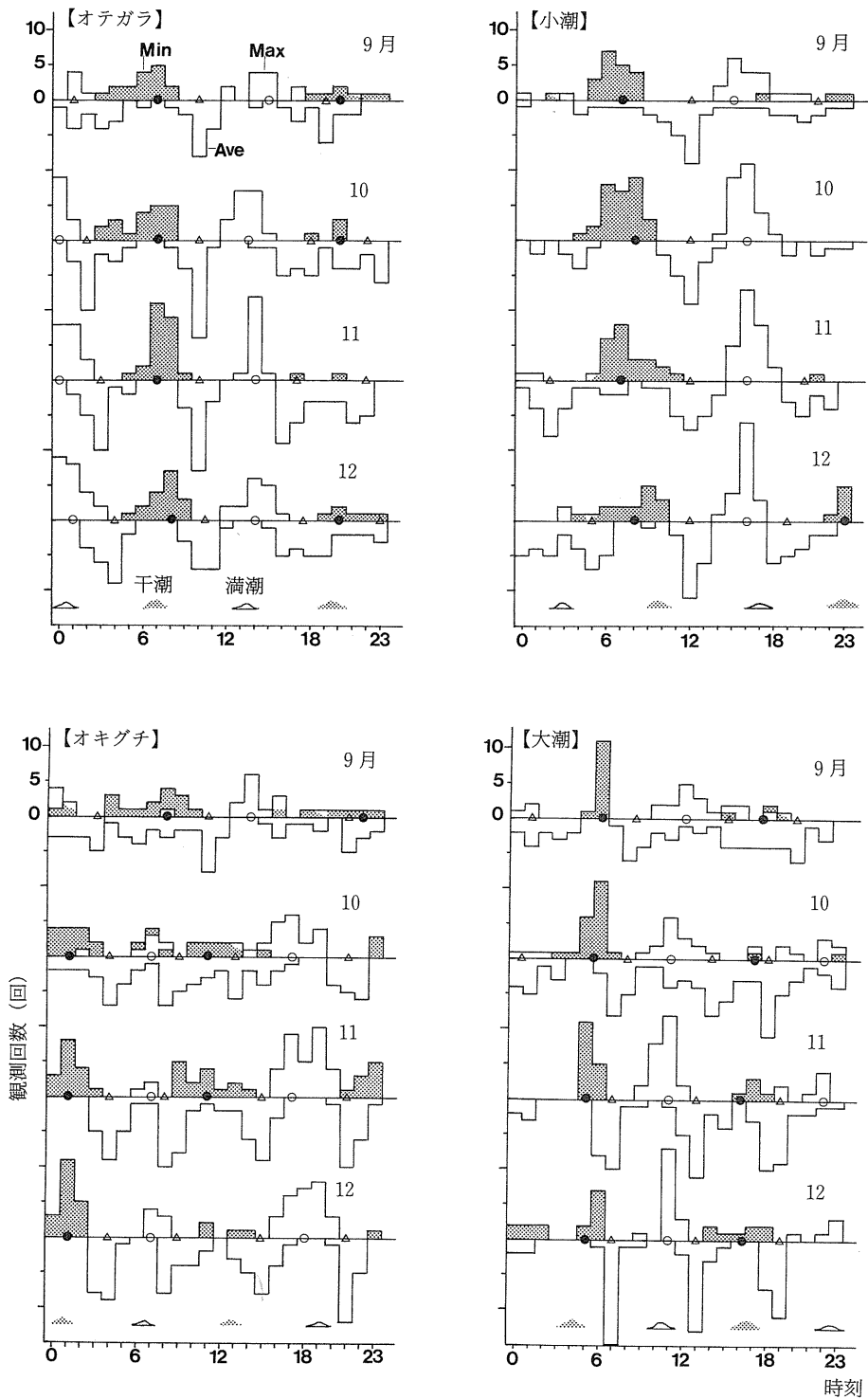


図4 水温特性値の観測回数の分布
 (I 指標の極小値=○:日最高, ●:最低, △:平均)

満潮時直後の午後2時頃のどちらかで、出現確率は半々である。最低値はほぼ明け方干潮直後の7、8時頃である。したがって、昼間満潮時水温は、ほぼその日の最高水温と考えてよい。

(2) 小潮

最高値は昼間満潮時である午後4～5時の直前、3時頃に出現する。最低値の干潮時からのズレはオテガラに比べて大きくなる。9～11月までは昼間干潮時の1～3時間前、午前7～8時である。12月も同じ時間であることが多いが、この他に夜間干潮時である午後11時頃にも出現するようになる。

昼間満潮時水温はオテガラ同様にほぼ日最高水温と考えてよい。

(3) オキグチ

10～12月の最高値は、オテガラ、小潮と比べて満潮時からのズレが大きく、ほとんどは夜間満潮時の1～2時間前である午後5～6時頃に出現し、最低値は夜間干潮時直後の午前1～2時頃に出現する。しかし、9月には最高値は昼間の干潮時直後の午後2時頃に多く出現するし、最低値は昼間満潮時の1～2時間後である午前8～9時頃であることが多い。つまり、潮汐に関係なく気温変化に近いのである。

この月齢は、ちょうど昼間満潮時が午後から午前6時頃へと変わる時期に当る。そのため、10～12月の昼間満潮時水温は最高になることは少ないが、変化曲線のもう一方の極大値であるために最高値とそれほどの差がないと考えてよい。しかし、9月には昼間満潮時水温はほぼ日最低値に近い。

(4) 大潮

10～12月の最高値は昼間満潮時直後の11時頃に出現するが、9月にはやや遅れて午後0～1時である。最低値は夜間干潮時直後の午前7～8時頃であるが、これは干出していたセンサーが冠水した直後の時間帯に当る。干出水位が低い他の観測装置（筑後川観測塔：0.4m）の記録から判断すると、実際には、これよりも1～2時間前の最干潮時に最低になるものと考えられる。

昼間満潮時水温は、ほぼ日最高水温と考えてよ

い。

以上のように10～12月の水温の変化は潮汐と密接に関係し、最高水温は多少の時間的なズレがあるもののほぼ昼間（オキグチのみ夜間）満潮時前後であり、最低水温は夜間あるいは明け方の干潮時であることがほとんどである。しかし、9月にはこの関係は稀薄で、むしろ、一般にいわれる気温の日変化に近い。実用上は、満潮時水温 \approx 日最高水温と考えてよいが9月のオキグチ前後はこの例外で注意を要する。

4. 月齢と日変化曲線の変化

月別に見た月齢と水温特性値（最高・最低値、日平均値）の関係をT-Wダイヤグラムとして図5に示す。特性値の出現時間帯はそれぞれ出現頻度を考慮し、出現確率が高いほど線の幅を広く、また、出現モードが帯線の中心になるように表わしてある。

(1) 9月

最高、最低値と平均水温は潮汐に関係なく日中の一定の時間帯に出現することが多い。日最高値は午後2～4時であることが多く、大潮には正午近くに早まる。最低値は午前6～7時頃である。平均値はほぼこの中間の時間帯（昼間満潮時の3～4時間前）に出現する。

水温特性値の出現時間帯は、一般にいわれる気温の日周変化の特徴とよく相応している。

(2) 10～12月

多少の違いはあるがこれら3か月の傾向は似かよっている。つまり、特性値の線は潮汐の月齢変化とほぼ平行に右斜め下に傾斜し、潮汐の影響の大きさを示している。最高値は昼間満潮時の変化とほぼ同じであるが、その時間帯は大潮～オテガラにかけて1時間程度満潮時よりも遅れ、オキグチ前後には早くなる。また、オテガラ前後には深夜と日中の2回の出現がある。

最低値はほぼ午前の干潮の月齢変化と同じ変化をする。しかし、その時間帯は大潮前後には1～2時間程度遅れ、小潮～オキグチには2～3時間早くなる。日平均値は、昼間満潮時とその前の干潮時のほぼ中間頃（昼間満潮時の3～4時間前）に

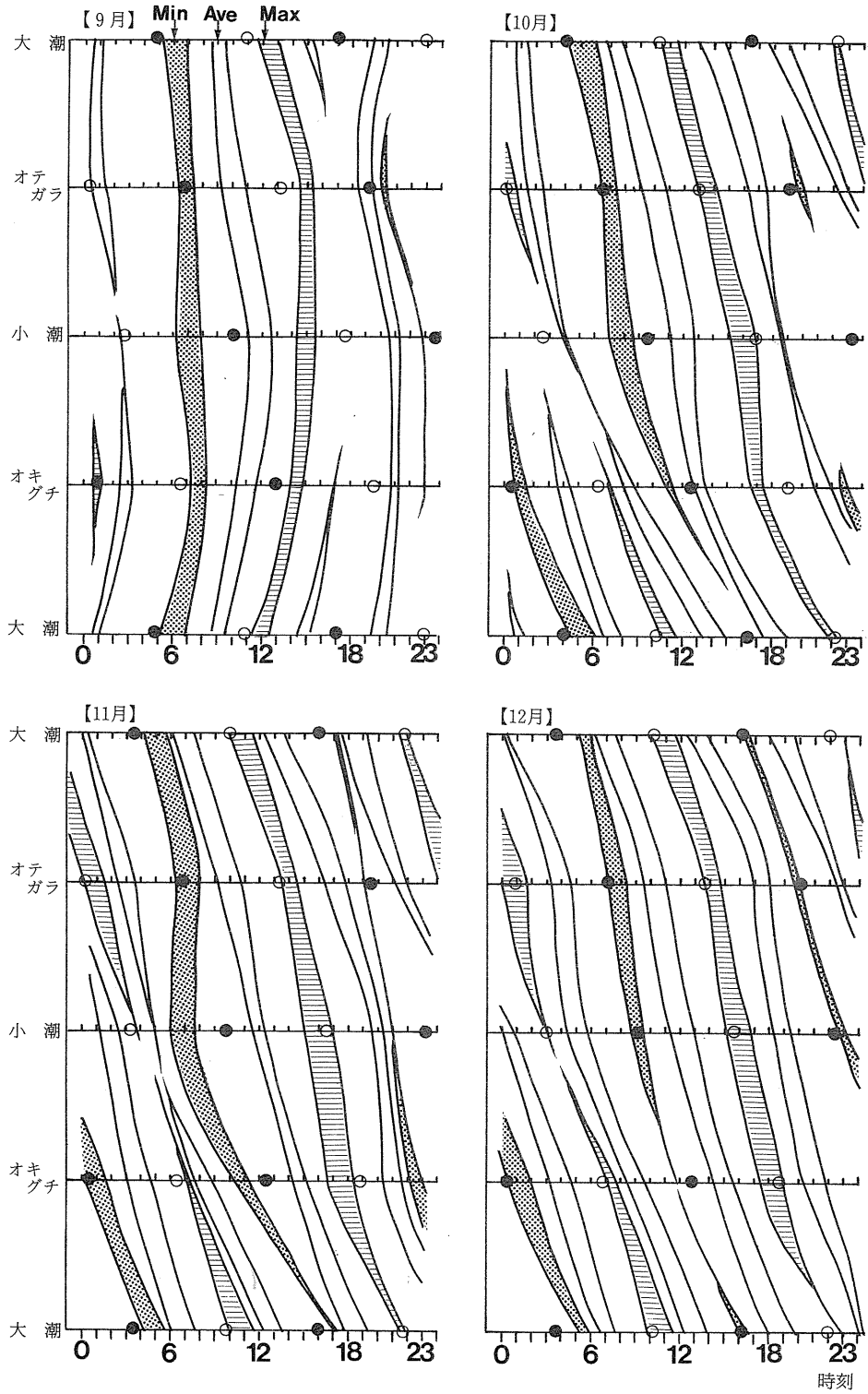


図5 月齢変化に伴う水温日周期の変化
(○：満潮，●：干潮)

出現することが多い。つまり、小潮すぎからオキグチにかけ昼間満潮時刻は夕暮から明け方に移るので平均値もこの満潮時の3～4時間前に出現することが多くなる。

このように、水温は9月が気温の、10～12月が潮汐の月齢変化に近い変化を示すが、これは10月以降の潮汐の影響が気温のそれに優るためであろう。また、特性値の気温変化や満、干潮時からの前後へのズレはこれら両者の力関係（影響度）に因るものと考えられる。例えば、小潮時において最低値が干潮時より早まるのは明け方の気温低下に引っ張られるせいであり、オキグチにおいて最高値が満潮時より早まるのは午後2～3時頃の最高気温に影響された結果と考えられる。

また、日平均水温は月齢によって一定の時間帯に高確率で出現することがわかったが、この時間の観測値を読めば、あらかじめ日平均水温の見当をつけることもできるわけである。

5. 潮汐と気温の影響度の推測

水温は気温と潮汐（沖合水と河川水の混合比の変化）の影響を受けて日周変化しているものと考えられる。このうち気温の影響を表わすと考えられる変化部分だけを取り出してみよう。そのためには、潮汐の影響を一定にした状態、つまり、沖合水と河川水の混合比を固定した状態で水温変化をみられれば、これはほぼ気温の変化を反映したものということができるであろう。実際の潮汐において、沖合水1に対する河川水の比率は、塩分濃度の経時変化から計算した結果では、満潮時が0.06～0.08で最低となり、干潮時には0.12～0.20と最高値を示し、その量は、ほぼ中等潮位を中心として潮汐と比例して増減することが解っている。（吉本：未発表）。そこで、位相が全く反対の潮汐を選んで、その時の水温変化を重ね合わせることができれば、各時刻において河川水のポリュームの影響は互いに打ち消し合い、混合比を常に中等潮位程度と仮想した時の変化を模擬的に作り出せると考えられる。

さて、現実の潮汐では12時間潮汐不等が起こって典型的な位相が正反対の潮を探することはできな

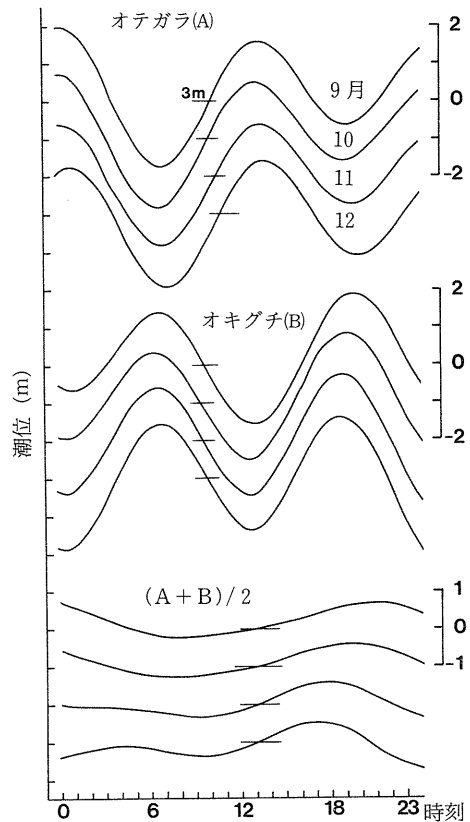


図6 オキグチとオテガラの潮汐の合成
(—: 潮位 3m)

いが、図6に示すように最もそれに近いのはオテガラとオキグチの潮汐である。月別にこの2つの潮を重ね合わせて平均した結果が、図7に示す気温影響曲線(I.A)である。つまり、I.Aは、沖合水と河川水の混合比を常に中等潮位並にした場合の水温変化を表わし、気温変化を反映していると考えられる。次いで、月別、月齢別の水温変化曲線(図3)からI.Aを差し引いて図8に示した。これ(I.T)は、河川水のポリューム変化(=混合比変化)が水温に与える影響に近いものを表わすと考えられる。また、I.A, I.Tの日較差を表2に示す。I.Aの最高値(I.A-Max)は9～12月とも午後2時頃で、最低値(I.A-Min)は7～9時でほぼ一般にいわれている気温日周変化に近いが、最高、最低時とも1～2時間程度遅れる。渡辺ら¹⁰⁾は表層水温は0.5～1時間前の気温の影響を最も強く受けるとしており、I.Aの日周期の位相は気温のそれよ

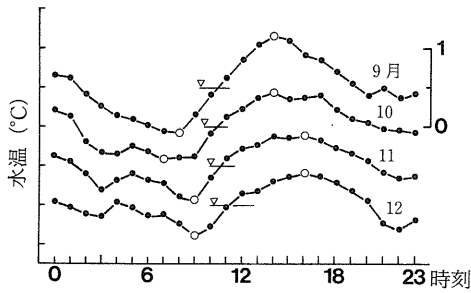


図7 水温に対する気温の影響を表す曲線
(○：日最高・最低，▽：日平均)

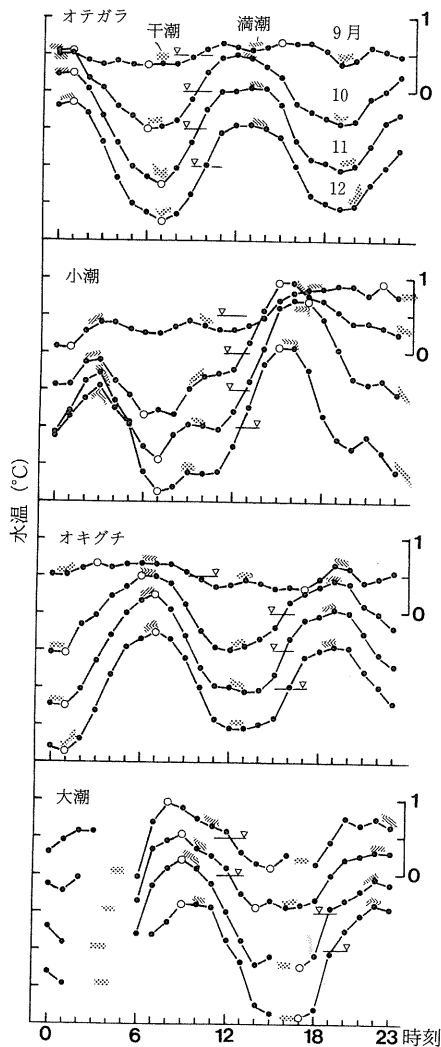


図8 水温に対する潮汐の影響を表す曲線
(○：日最高・最低，▽：日平均)

り遅い方にズレると考えられる。

I.A.の日較差は9月のオキグチ，オテガラ，小潮において，I.T（混合比）の日較差よりも相当大きく，気温の影響力が潮汐の影響に優ること示している。10月以降はI.Tの日較差は，月を追ってI.Aよりも大きくなり潮汐に因る影響が水温の変化を支配するようになる。以上が，水温日周変化が9月には気温変化，10～12月は潮汐変化に酷似している理由である

潮汐に因る影響（沖合水と河川水のボリュームの影響）は，沖合水と河川水の温度差に起因するもので，両者に温度差が全くないなら水温はこの影響を受けないであろう。既報^{5,11)}から明らかなように9月にはその差がほとんどないのである。しかし，10～12月にかけて沖合水の温度は河川水より高く，その差は次第に大きくなり，沖合水の比率が高い満潮時の水温＝最高水温，河川水の比率が高い干潮時の水温＝最低水温となる。

また，月齢によって水温日周変化の日較差が変化したり，最高水温の出現が満潮時からズレたりするのは，月齢によって干，満潮時がI.A-MaxとI.A-Minの時間帯を前後するからである。小潮の明け方干潮と昼間満潮時はI.A-MaxとI.A-Minとほとんど重なるので日較差は最大となる。オキグチでは明け方満潮時と昼間の干潮時がI.A-MaxとI.A-Minと相殺するので日較差は最も小さい。また，I.A-Maxの前に満潮時が来る場合（大潮），最高水温時は満潮時より遅れ，I.A-Maxの後に来る場合（オキグチ），それは早まる。

表2 気温影響度曲線（I.A）と
潮汐影響度曲線（I.T）の日較差

月	I.A	I.T			
		オテガラ	小潮	オキグチ	大潮
9	1.23	0.33	0.86	0.33	1.00 (1.49)*
10	0.85	1.30	1.78	1.30	0.98 (2.24)
11	0.82	1.50	2.13	1.50	1.43 (2.20)
12	0.79	1.62	1.94	1.62	1.49 (2.79)

* 測定回数の少ない時刻帯も入れて計算

表6 満潮時水温から推定した月別、月齢別の各時刻の水温（差の母平均推定値¹⁾）

9 月				10 月					
時刻	オテガラ	小 潮	オキグチ	大 潮	時刻	オテガラ	小 潮	オキグチ	大 潮
0	-0.42±0.35	-0.89±0.60	0.51±0.37	-0.30±0.16	0	*-0.09±0.22	-1.43±0.42	-0.56±0.35	-0.27±0.11
1	-0.45±0.45	-0.93±0.62	0.45±0.39	*-0.19±0.21	1	*-0.15±0.34	-1.48±0.47	-0.63±0.30	-0.43±0.22
2	-0.77±0.48	-0.94±0.67	*0.31±0.36	-0.29±0.25	2	-0.84±0.31	-1.53±0.45	-0.60±0.26	-0.60±0.24
3	-0.97±0.42	-0.96±0.67	0.27±0.27	-0.42±0.28	3	-1.09±0.37	-1.61±0.53	-0.60±0.25	-0.63±0.35
4	-0.04±0.39	-1.08±0.67	*0.07±0.19		4	-1.37±0.29	-1.92±0.51	-0.37±0.25	
5	-0.14±0.30	-1.22±0.70	*0.07±0.12		5	-1.40±0.23	-2.01±0.51	-0.15±0.15	-1.27±0.54
6	-0.21±0.27	-1.33±0.70	*0.01±0.08	-1.27±0.48	6	-1.63±0.26	-2.33±0.51	*-0.05±0.09	-1.02±0.37
7	-0.28±0.28	-1.43±0.59	-0.09±0.09	-0.62±0.25	7	-1.69±0.25	-2.36±0.51	*-0.17±0.22	-0.43±0.19
8	-0.29±0.30	-1.35±0.56	*-0.09±0.18	-0.36±0.19	8	-1.61±0.26	-2.42±0.49	-0.23±0.22	-0.28±0.09
9	-0.97±0.31	-1.04±0.52	*0.02±0.27	-0.23±0.18	9	-1.32±0.24	-2.06±0.44	-0.51±0.26	-0.19±0.09
10	-0.61±0.27	-0.88±0.53	*0.17±0.25	-0.11±0.11	10	-0.64±0.21	-1.58±0.37	-0.54±0.33	-0.08±0.08
11	-0.31±0.18	-0.71±0.38	*0.30±0.32	*0.01±0.03	11	-0.23±0.10	-1.34±0.37	-0.57±0.40	*0.05±0.06
12	*-0.11±0.17	-0.47±0.35	0.56±0.40	0.18±0.14	12	-0.09±0.07	-1.19±0.33	-0.51±0.43	*-0.01±0.11
13	*0.03±0.06	*-0.21±0.31	0.81±0.46	*0.09±0.19	13	*0.02±0.04	-0.67±0.21	*-0.32±0.47	-0.21±0.19
14	0.17±0.14	0.01±0.27	0.89±0.49	*0.04±0.19	14	*-0.04±0.07	*-0.17±0.18	*-0.14±0.41	-0.34±0.22
15	*0.19±0.27	*0.17±0.15	0.75±0.45	*-0.07±0.27	15	-0.26±0.14	0.11±0.11	*-0.09±0.42	-0.34±0.19
16	*-0.02±0.25	*0.10±0.11	0.59±0.48	*-0.08±0.28	16	-0.59±0.14	0.14±0.11	*0.28±0.37	-0.39±0.22
17	*-0.07±0.29	*0.06±0.07	0.51±0.46	-0.58±0.54	17	-0.67±0.17	*-0.03±0.10	0.44±0.28	-0.35±0.32
18	-0.30±0.30	-0.05±0.07	*0.49±0.50	-0.41±0.40	18	-0.95±0.17	-0.27±0.18	0.36±0.26	-0.46±0.22
19	-0.66±0.26	-0.18±0.18	*0.51±0.52	-0.28±0.28	19	-1.13±0.22	-0.51±0.25	0.31±0.24	-0.23±0.22
20	-0.75±0.24	-0.31±0.24	*0.32±0.41	*-0.09±0.15	20	-1.15±0.24	-0.73±0.28	0.22±0.20	-0.08±0.08
21	*-0.47±0.50	-0.34±0.27	*0.25±0.36	*-0.07±0.15	21	-0.91±0.22	-0.82±0.28	*-0.17±0.35	-0.11±0.09
22	-0.67±0.28	-0.33±0.27	*0.17±0.35	-0.15±0.15	22	-0.84±0.26	-0.90±0.27	*-0.29±0.32	*-0.07±0.10
23	-0.67±0.36	-0.44±0.27	*0.28±0.38	*-0.19±0.22	23	-0.68±0.27	-0.98±0.26	*-0.50±0.44	-0.12±0.10

11 月				12 月					
時刻	オテガラ	小 潮	オキグチ	大 潮	時刻	オテガラ	小 潮	オキグチ	大 潮
0	*0.01±0.16	-2.07±0.31	-1.16±0.26	-0.50±0.19	0	*0.09±0.13	-1.56±0.42	-1.38±0.29	-0.61±0.18
1	*-0.03±0.23	-1.88±0.33	-1.23±0.26	-0.76±0.19	1	*0.11±0.11	-1.33±0.35	-1.50±0.29	-0.82±0.10
2	-0.41±0.30	-1.80±0.38	-1.19±0.24	-0.90±0.46	2	-0.16±0.25	-1.02±0.35	-1.41±0.30	-0.86±0.10
3	-0.99±0.24	-1.83±0.40	-1.02±0.22		3	0.58±0.27	-0.95±0.43	-1.07±0.37	
4	-1.21±0.21	-1.99±0.59	-0.55±0.22		4	-0.88±0.17	-1.15±0.57	-0.41±0.26	
5	-1.46±0.23	-2.13±0.61	-0.14±0.10	-1.78±0.43	5	-1.29±0.22	-1.50±0.63	-0.10±0.13	
6	-1.69±0.23	-2.52±0.53	*-0.06±0.06	-0.89±0.26	6	-1.52±0.24	-2.27±0.63	-0.11±0.10	-1.30±0.32
7	-1.81±0.22	-2.73±0.51	*-0.01±0.06	-0.28±0.10	7	-1.61±0.22	-2.51±0.52	*0.02±0.03	-0.27±0.10
8	-1.78±0.23	-2.59±0.38	-0.41±0.30	-0.25±0.09	8	-1.62±0.20	-2.57±0.51	*-0.19±0.19	-0.20±0.07
9	-1.47±0.21	-2.48±0.31	-0.80±0.34	-0.16±0.07	9	-1.51±0.20	-2.51±0.35	-0.59±0.28	-0.09±0.08
10	-0.76±0.27	-2.21±0.32	-0.94±0.21	*0.01±0.02	10	-1.01±0.31	-2.44±0.32	-0.89±0.25	*0.00±0.00
11	-0.29±0.16	-2.02±0.36	-0.94±0.24	*0.04±0.06	11	-0.33±0.22	-2.16±0.32	-1.06±0.30	0.22±0.05
12	-0.11±0.07	-1.65±0.31	-0.84±0.24	-0.19±0.14	12	*-0.08±0.10	-1.65±0.24	-1.01±0.30	*-0.07±0.23
13	*-0.05±0.05	-1.23±0.29	-0.85±0.24	-0.54±0.18	13	*-0.02±0.08	-1.09±0.18	-0.98±0.33	-0.33±0.21
14	0.06±0.05	-0.65±0.20	-0.70±0.21	-0.74±0.20	14	*0.06±0.07	-0.38±0.14	-0.81±0.30	-0.76±0.21
15	-0.17±0.08	-0.13±0.13	-0.53±0.22	-0.66±0.19	15	*0.02±0.15	*-0.08±0.09	-0.67±0.31	-0.81±0.22
16	-0.63±0.18	*0.00±0.11	*0.00±0.12	-0.93±0.34	16	-0.33±0.17	*-0.04±0.27	*-0.19±0.29	-0.81±0.34
17	-0.94±0.17	*-0.06±0.12	0.18±0.11	-0.83±0.26	17	-0.77±0.21	-0.38±0.31	*0.14±0.15	-0.85±0.21
18	-1.09±0.23	-0.40±0.25	0.14±0.11	-0.78±0.23	18	-0.96±0.20	-1.08±0.32	0.17±0.13	-0.86±0.24
19	-1.22±0.25	-0.87±0.31	0.16±0.14	-0.20±0.13	19	-1.14±0.24	-1.51±0.37	*0.13±0.14	*-0.21±0.25
20	-1.31±0.22	-1.39±0.27	*0.00±0.19	-0.22±0.12	20	-1.23±0.22	-1.76±0.38	*-0.04±0.21	*-0.05±0.22
21	-1.17±0.24	-1.59±0.27	-0.40±0.28	-0.24±0.13	21	-1.19±0.22	-1.87±0.39	-0.62±0.28	*-0.11±0.24
22	-0.94±0.22	-1.62±0.24	-0.79±0.27	-0.16±0.12	22	-1.07±0.22	-2.17±0.41	-0.90±0.29	*-0.04±0.23
23	-0.79±0.23	-1.77±0.29	-0.88±0.24	-0.19±0.13	23	-0.73±0.24	-2.32±0.41	-1.02±0.34	*0.02±0.24

1) 各時刻の水温 - 満潮時水温の値を平均値±95%信頼区間で示す。

* 昼間満潮時水温と有為な差がないもの

平年偏差 (S.A) = (観測値-累年平均値) / 標本標準偏差

一例として、この絶対値|S.A|を、|S.A| < 0.6を『平年並』、0.6 ≤ |S.A| < 1.3を『やや高(低)い』、1.3 ≤ |S.A| < 2.0を『かなり高(低)い』、2.0 ≤ |S.A|を『甚だ高(低)い』と4段階の統一した表現で表わすこともなされている。

表4には12月の旬の中央日を選び、満潮時水温を用いてこの4段階で日水温を評価した例を示した。

小潮時には日平均を用いた場合に比べて、高めに評価されていることがわかる。前述したように小潮ではDA差が他の月齢に比較して大きくなるため、一般に、昼間満潮時水温を用いたS.Aでその日の高低を評価する場合、日平均を用いた正確

な評価と過誤を生じ易いのである。したがって、日水温の評価には満潮時水温を用いるべきではない。旬平均や月平均など月齢に因る影響を消去した後のデータで、初めて正確な評価が可能であると思われる。

(2) 時刻別水温の推定

満潮時水温と各時刻の水温との差について平均値と95%信頼区間を月別、月齢別に計算し、表6に示しておく。

差の母平均の信頼区間であるため実測値はこれ以上の幅を持って変動すると考えられる。また、有意差の認められない時刻は昼間満潮時刻とその前後の時刻、または日周変化の極大値が出現する時刻であることが多い。

要 約

1. 9～12月の水温の日周期変化を月齢別に求め、潮汐の日変化や月齢変化との関係を解析した。また、満潮時水温と日最高、日最低、日平均水温との高低差、時間的な関係についても検討した。
2. 水温の日変化には周期性が認められ、最高、最低値と平均水温は月齢別に一定の時間帯に出現することが多い。
3. 日最高水温は多少の時間的なズレがあるもののほぼ昼間(オキグチのみ夜間)満潮時前後に出現し、昼間満潮時水温≒最高水温としてよい。ただし、9月のオキグチ前後はこの例外で、ほぼ日最低値に近い。
4. 最低水温は夜間あるいは明け方の干潮時であることがほとんどである。
5. 日最高、日最低、日平均水温の出現時間帯は潮汐の月齢変化とほぼパラレルに変化し、日平均水温は日最高水温の4～5時間前であることが多い。9月には、これらは潮汐に関係なく日中の一

定の時間帯に出現することが多く、それは気温の傾向に酷似していた。

6. 水温の日周変化曲線を気温の影響度を示す成分(I.A)と潮汐の影響度を示す成分(I.T)に分離した。I.Aは気温日変化に類似し、午後2～3時に最高値、午前7～9時に最低値を示した。

7. 9月には気温の影響度が潮汐の影響よりも大きかった。10月以降は潮汐の影響(沖合水と河川水のポリウムの影響)が気温の影響より大きくなり、月を追ってこの傾向は顕著になった。

8. 小潮時にはI.AとI.Tの最高、最低時が重なるため日較差は最大、オキグチでは両者がほぼ相殺するため最小になると考えられた。

9. 小潮時には満潮時水温と日平均水温の差が大きい。このため満潮時水温を用いた年傾向(例年に比べての高低)の評価では日平均使用との誤差が大きく(相当高めに評価)になってしまうので、用いるべきでない。

文 献

1) 馬場浴文・山下康夫 1985: 佐賀県有明海のノリ

養殖における漁海況情報の利用, 佐有水試報,

- (9), 39-44.
- 2) 山下康夫・川村嘉応 1985:水温・塩素量の年度別変動パターンと養殖ノリの病害について. 佐有水試報, (9), 45-53.
 - 3) 池末 弥 1980:有明海のエビ・カニ・貝類. 海洋科学, 12, (2), 海洋出版(株), 東京, 97-104.
 - 4) 田北 徹 1980:有明海の魚類. 海洋科学, 12, (2), 海洋出版(株), 東京, 105-115.
 - 5) 北嶋博卿・野口敏春 1980:海況観測結果からみた漁場環境の特徴について. 佐有水試報, (7), 1-14.
 - 6) 宮地邦明 1979:自動観測装置の設置場所と仕様. 沿岸環境変動予察方法について, 水産庁・西海区水研・福岡県有明水試・佐賀県有明水試, 5-8.
 - 7) 山下康夫 1979:自動観測資料の標準化-I 水温および塩素量指標値の選定について. 沿岸環境変動予察方法について, 水産庁・西海区水研・福岡県有明水試・佐賀県有明水試, 35-40.
 - 8) 小野伸育・曾根元徳 1979:自動観測資料の標準化-II 水温および塩素量指標値の選定について. 沿岸環境変動予察方法について, 水産庁・西海区水研・福岡県有明水試・佐賀県有明水試, 41-47.
 - 9) 中野猿人 1940:潮汐学. 古今書院, 東京.
 - 10) 渡辺 潔 藤本昌宣 1983:海象観測システムによる有明海の海象気象の解析-IV. 浅海域の水温特性について. 佐賀大学農学部彙報, 第54号, 7-15.
 - 11) 馬場浴文・杉原雄二 1986:早津江川感潮域における大潮, 小潮の水質特性. 佐有水試報, (10), 101-113.