

児島湾の流動特性と水質

Flow Characteristics and Water Quality in Kojima Bay

岡山大学工学部	正員	名 合 宏 之
岡山大学工学部	正員	○河 原 長 美
岡 山 県	正員	前 野 詩 朗

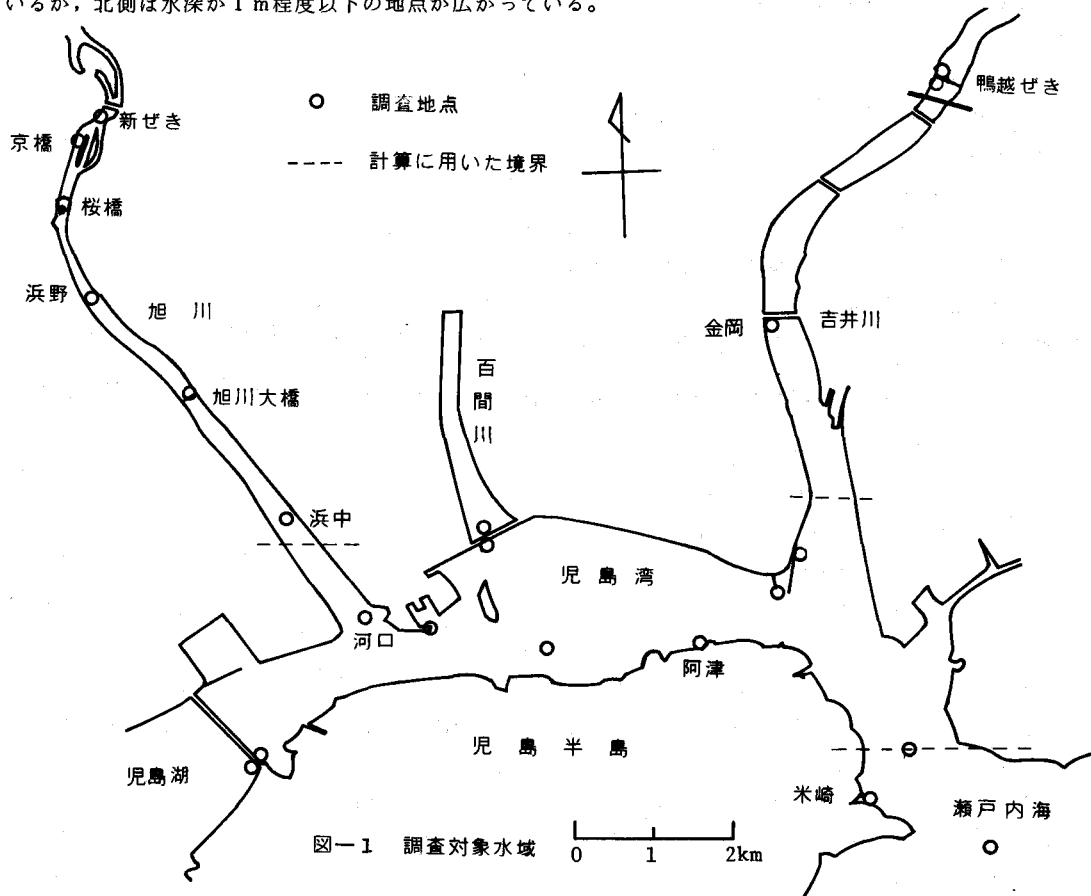
1. まえがき

河川感潮部や内湾における水理・水質現象には、潮汐作用、セイシュ、河川流量、排水流量等の諸因子が関与しており、その様相はきわめて複雑である。本研究は、このような水域における各種水質の変化機構を主に流動との関連で把握しようとする研究の第一歩として、現地調査により水質変化の実際を把握しようとしたものである。

調査は、児島湾およびその周辺水域を対象として昭和52年より継続して行なってきたが、ここでは水域内の流動特性、各種水質指標の時間的・場所的分布特性、水質指標間の相関性および流動との関連性について、現在までの調査に基づいて検討した結果について報告する。

2. 児島湾水域の概要

図-1に、調査対象水域である児島湾水域を示す。児島湾は、一級河川である旭川と吉井川とが注ぐ東西に細長い湾であり、南北の距離は最大で2km程度である。湾中央部南側は水深が10m程度あり航路となっているが、北側は水深が1m程度以下の地点が広がっている。



湾奥部の児島湖ならびに湾中央部北側の百間川からは、干潮時付近に淡水が放流されている。また、旭川および吉井川の感潮部は、それぞれ河口より約 7.9 km の新堰および約 7.3 km の鴨越堰により区切られており、それぞれの堰より上流は非感潮部になっている。両河川の平水量は約 $4.0 \text{ m}^3/\text{S}$ である。

児島湾および河川感潮部の水面積は、児島湾が約 1.5 km^2 、河川感潮部が約 5 km^2 である。児島湾における朔望月の平均潮差は 1.34m である。

旭川および吉井川の両河川沿いならびに児島湾岸には工場や下水道終末処理場があり、岡山市の工場集中地域となっている。

3. 調査方法

調査地点は図-1 に示されるとおりである。図中の破線は、4. で述べる湾内流のシミュレーションの際に設定した境界を表わしている。

調査は、昭和52年より継続して行なっており、調査地点、調査継続時間、測定ならびに採水時間間隔が各調査によって必ずしも一定してはいないが、これらの概要は以下のようである。

調査を採水方法の面から分類すると、表面水のみについて児島湾水域全体にわたって行なった調査と、水深方向への変化をも測定した旭川感潮部と湾内のみお筋に沿った調査とに分けられる。前者の調査では、表面水の採水と水位の測定とをそれぞれ 1 時間間隔および 10 分～30 分間隔で 2 4 時間行なった。後者の調査では、設定した各地点で鉛直方向に 1 m 間隔で採水と流速測定とを行なうとともに、水位の測定も行なっている。この場合、測定時間間隔は、流速については 15 分～1 時間、水位については 10 分～30 分で行なった。後者の調査では、設定した各地点で鉛直方向に 1 m 間隔で採水と流速測定とを行うとともに、水位の測定も行なっている。この場合、測定時間間隔は、流速については 15 分～1 時間、水位については 10 分～30 分で行なった。

水質分析は塩分 S (電気伝導度より算定)、浮遊物質 SS (ガラスファイバー濾紙法)、BOD (下水試験法)、および COD (Mn) (アルカリ性直火法) について行なったが、本報告では S および SS についての結果を示す。

4. 湾内流の計算

湾内の 2 次元的な流れの数値シミュレーションは以下の方法で行なった。

基礎方程式としては次の連続式および運動方程式を用いている。

$$\text{連 続 式} \quad \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0$$

$$\text{運動方程式} \quad \frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} = fhv + \frac{1}{\rho}(\tau_x^s - \tau_x^b) + \frac{1}{\rho} \left\{ \frac{\partial(hAx \frac{\partial u}{\partial x})}{\partial x} + \frac{\partial(hAy \frac{\partial u}{\partial y})}{\partial y} \right\}$$

$$2(hv) \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} = -fhu + \frac{1}{\rho}(\tau_y^s - \tau_y^b) + \frac{1}{\rho} \left\{ \frac{\partial(hAx \frac{\partial v}{\partial x})}{\partial x} + \frac{\partial(hAy \frac{\partial v}{\partial y})}{\partial y} \right\}$$

ここに、 h ; 底面より基準面までの高さ

ζ ; 基準面より水面までの高さ

u, v ; x および y 方向の流速

f ; コリオリ係数

Ax, Ay ; x および y 方向の拡散係数

τ_i^s, τ_i^b ; 水面および底面における i 方向のせん断応力

数値計算は、図-3 に示す space-staggered grid¹⁾による差分式を用いた。境界条件については、湾口では水位を与え、旭川および吉井川との境界では各河川の水面積と同じ大きさの水面積を有する貯水池に接続されているとしている。

なお、計算においては、 $f = 0.00008 \text{ S}^{-1}$ 、 $Ax = Ay = 1 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{S}$ を用いている。また、 τ については、 $\tau_i^s = 0$ 、 $\tau_x^b = \rho r b^2 u \sqrt{u^2 + v^2}$ 、 $\tau_y^b = \rho r b^2 v \sqrt{u^2 + v^2}$ とし、 $r b^2 = 0.0026$ を用いている。

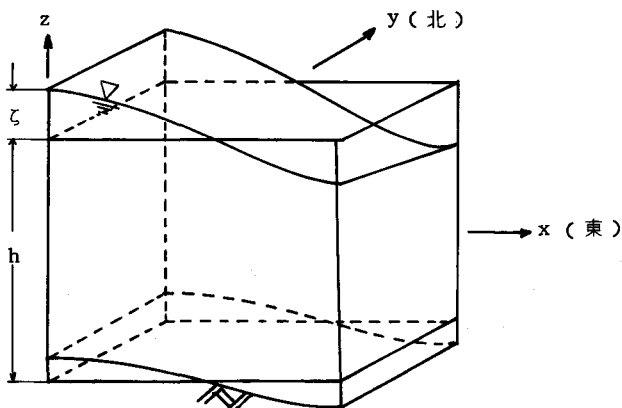


図-2 座標系

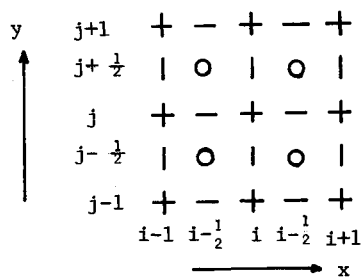


図-3 Space-staggered grid

$+$ ζ O h
 $-$ u $|$ v

5. 結果と考察

5-1. 児島湾内の流動特性

図-4は湾口および旭川河口における水位変化の実測値および旭川河口における計算値を示したものである。旭川河口における水位変化は湾口におけるそれとはほぼ同様の傾向を示している。

図-5は旭川河口における流量変化の実測値を計算値とともに示したものである。河口における流量変化には潮汐に伴う大きな変化に加えて、30分から2時間程度の周期を持つ変動が存在するのが特徴的である。なお、この実測値は、みお筋において測定された流速の鉛直方向の平均値に流水断面積を乗じて算出されたものであり、絶対値は実際の平均的流量とは若干異なっていることに注意する必要がある。

図-4および図-5に示された水位あるいは流量変化の数値シミュレーション結果については、全体的な変化傾向はかなりよく説明しうるものと判断されるが、詳細についてはいまだ不十分な点もあり、計算に用いた諸係数の値あるいは河口での接続条件などについてはさらに検討の余地が残されている。

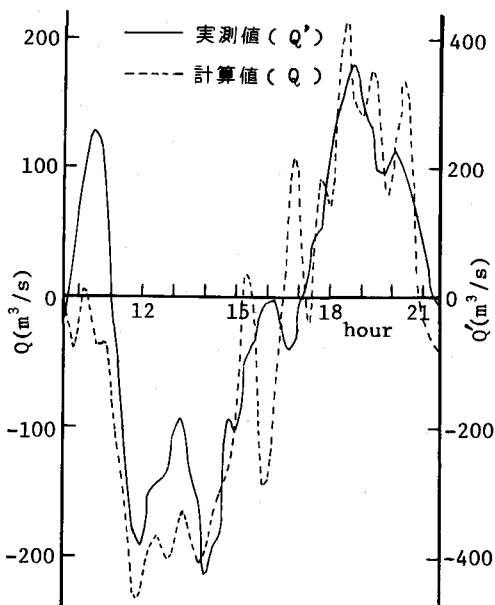


図-5 旭川河口の流量変化

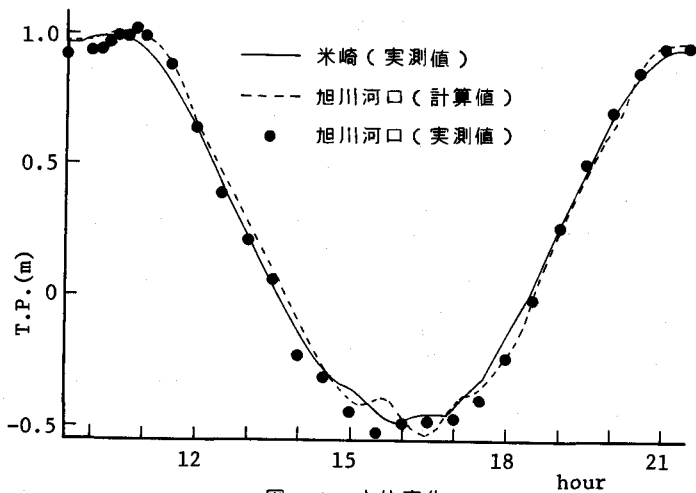


図-4 水位変化

5-2. 時間平均水質の場所

の分布

図-6および図-7には、それぞれ新堰からの流下距離にともなうSおよびSSの変化が示されている。水質値は表面水の1潮時もしくは2潮時の平均値である。

これらの図では、各水質値はともに湾口に向かって増大傾向を示しているが、河川流量による変化に着目すると、S

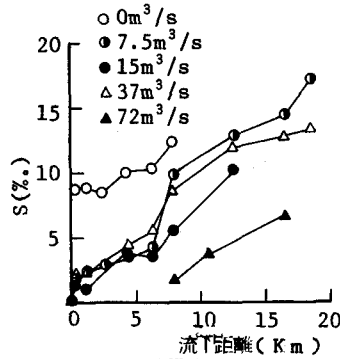


図-6 Sの場所的分布
(数値は旭川流量)

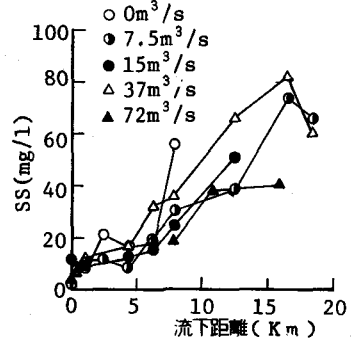


図-7 SSの場所的分布
(数値は旭川流量)

は河川流量によって著しく影響されるが、SSについてはあまり顕著な変化は認められない。

5-3. 断面平均水質と表面水質

図-8には、断面平均水質と表面水質との経時変化が、調査水域のうちの代表的な4地点について示されている。この図より、表面水質と断面平均水質とは必ずしも同様の变化傾向を示すわけではないが、地点間の水質値の相対関係ならびに経時的な变化傾向に類似点が多くみられる。なお、図において、旭川大橋地点と他の3地点とは調査時期が異なっていることに注意を要する。

5-4. 流速および水質の鉛直分布

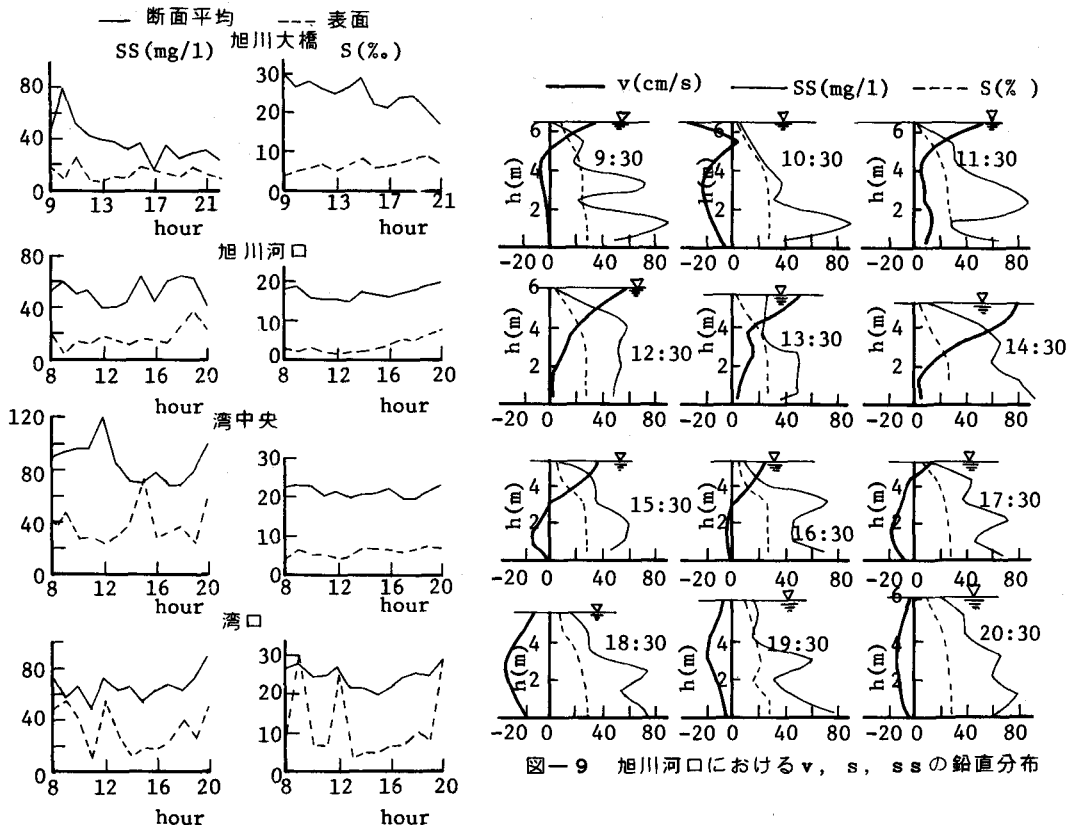


図-8 断面平均水質と表面水質

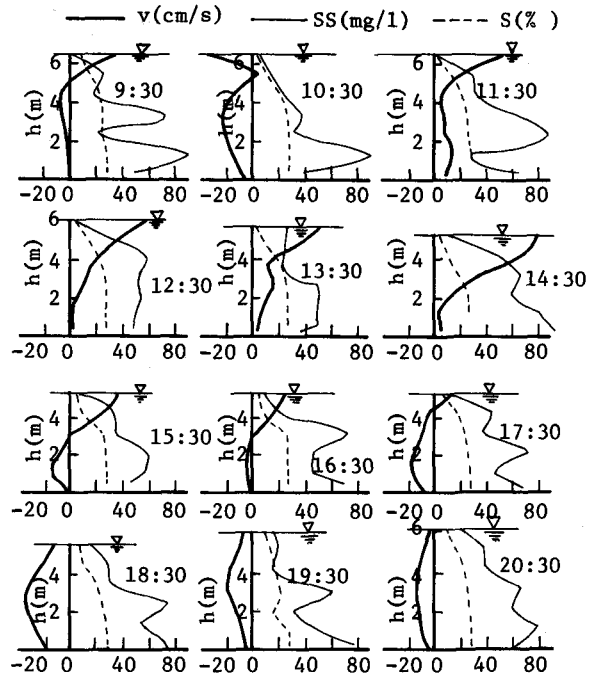


図-9 旭川河口におけるv, s, ssの鉛直分布

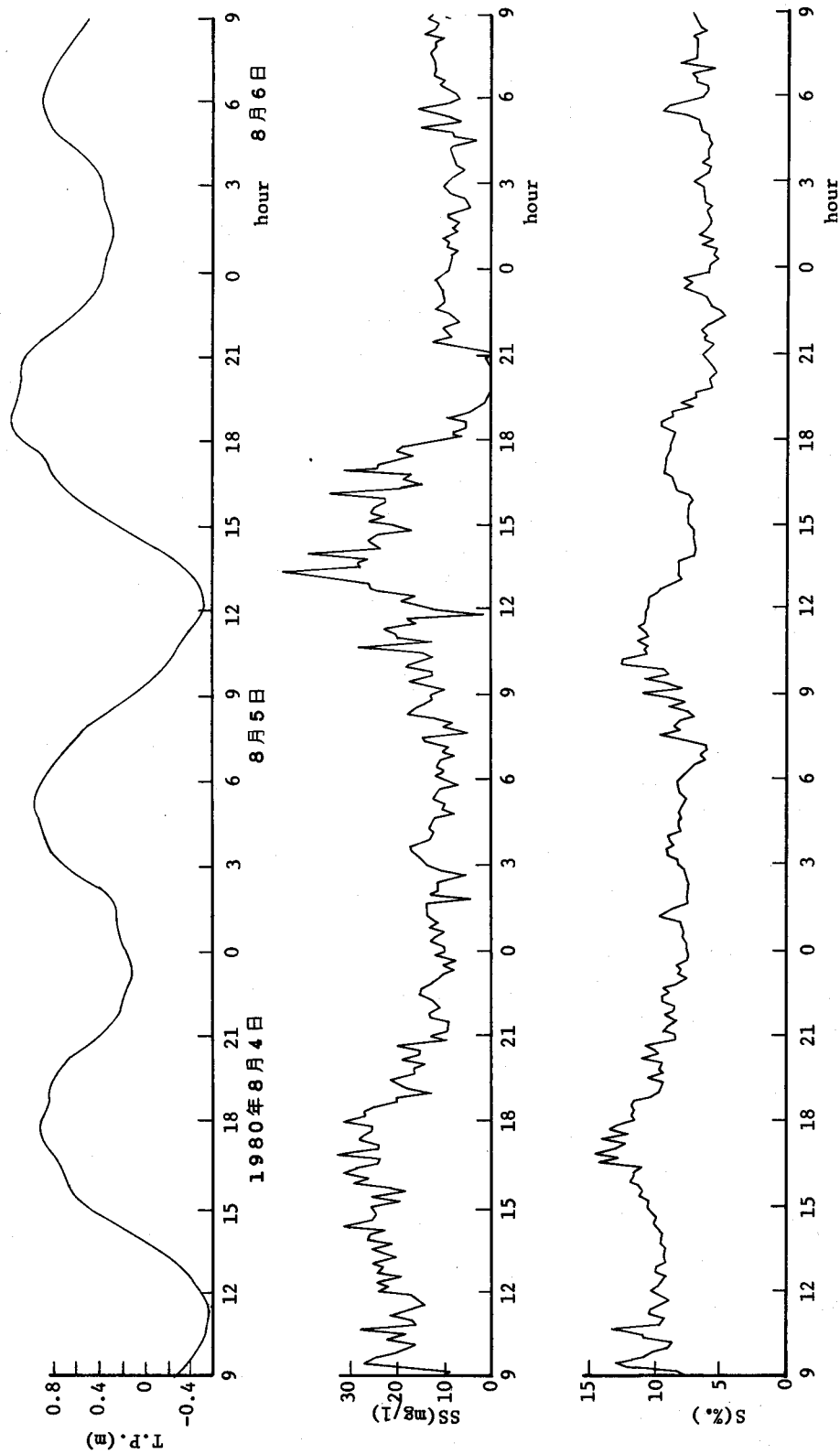


図-10 水位, s および s の変化

図-9に旭川河口における流速, SおよびSSの鉛直分布の実測値を示す。流速, 水質ともに複雑な変化を示している。流速には満潮時および干潮時付近で, 上層と下層とで流向の逆転が生じている。SとSSについては, Sがなめらかな変化を示すのに対し, SSには大きなピークが現われることが多いが, 全体的な分布の傾向には下層ほど濃度が高くなるという点に類似性が認められる。

5-5. 表面水質の変動特性

図-10に, 旭川河口における水位, SSおよびSの変化を示す。水位および水質の測定間隔は10分である。水質には, 10分オーダーの変動とともに, より長い周期の変動が認められる。

これらの水質データをスペク

トル解析した結果が図-11および図-12に示されている。SSについては, 4時間程度, 2時間前後, 80分前後, 60分弱, 30分強の周期のピークが認められる。また, Sについては, 2時間前後, 80分前後, 50分強の周期のピークが認められる。これらのピークは必ずしも顕著なものではないが, 2時間前後, 80分前後などの周期変動は両者に共通するものであり, また, 同様の周期が前掲の図-5の流量変動にも認められており, 流量変動したがってまた流速変動が表面水質に影響を与えているものと推定される。

6. まとめ

本研究では, 湾内域あるいは河川感潮部における水質の変化機構を究明するための基礎として, 児島湾およびそれにそぐ旭川の感潮部を対象して現地観測を行ない, 流動と水質変化の実際について調査分析を行った。その結果得られた主要な知見は次のとおりである。

- (1) 湾内における流量(流速)変動には潮汐による大きな周期変化の他に, 30分から2時間程度の周期を有する変動が重なって存在する。なお, このような変化の特性は平面2次元モデルによる数値シミュレーションによってもかなりよく表現できる。
- (2) 感潮部および内湾の水質変化特性は, 河川流量, 指標によって異なるが, ここでとりあげたSとSSとについては, 鉛直分布に類似性が認められ, また表面水質と断面平均水質の経時変化の傾向にも類似性が認められた。
- (3) 表面水質の時間変動特性については, その変動周期についてSとSSに共通点が認められる他に, 流速変動の周期ともかなり相関性が高いと推定される。

参 考 文 献

- (1) Leendertse, J.J., etc.; "A Three-Dimensional Model for Estuaries and Coastal Seas", Vol. I, Principles of Computation, The Rand Corporation, R-1417-OWRR, December, 1973.

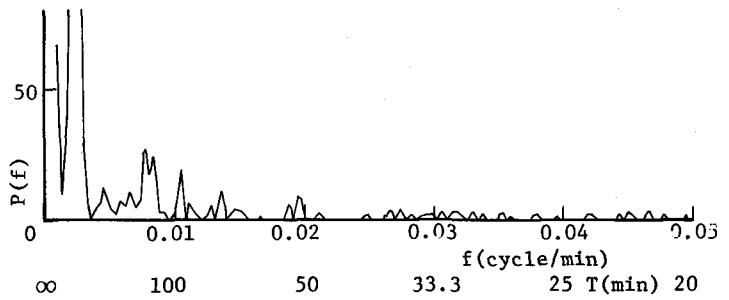


図-11 Sのパワースペクトル

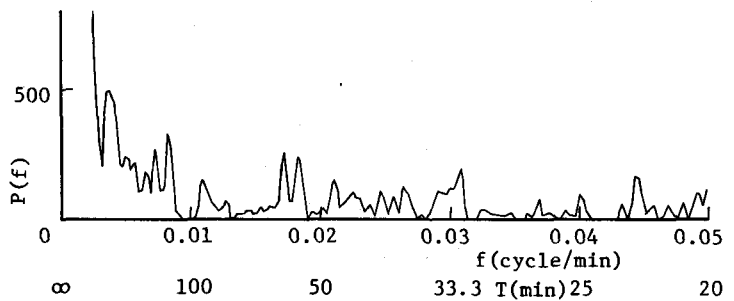


図-12 SSのパワースペクトル