

## 瀬戸水域における濁度変動\*

中田 英昭\*\*・平野 敏行\*\*\*

### Variations of Turbidity in a Narrow Passage and Approaches in the Seto Inland Sea

Hideaki NAKATA\*\* and Toshiyuki HIRANO\*\*\*

#### Abstract

The Seto Inland Sea has many islands and narrow passages which divide this sea into several semi-enclosed areas. The water exchange due to the tidal mixing in these passages has much effect on the transport of materials between the semi-enclosed seas. However only a little information has been obtained about the hydrographic aspects of the transport processes in such narrow passages, called "Seto" in Japanese.

In order to clarify the details of the transport of materials in the "Seto" regions, turbidity observations were carried out monthly from June 1975—June 1976 in the Mekari-Seto, a narrow passage located in the central part of the Seto Inland Sea.

One of the most probable reasons for the turbidity variations in this region is resuspension and transport of bottom sediment by strong tidal currents. The values of turbidity and their time variabilities in summer (May-October) are both larger than those in winter (November-April), while there is very little change in the effect of tidal current.

It is suggested that suspended materials originating from river discharge are accumulated in the coastal areas of the "Seto" region in summer-fall and flushed to adjacent seas due to tidal mixing in winter-spring. These seasonal changes in behaviour of suspended materials in the Mekari-Seto are also discussed using a simple budget model.

#### 1. はじめに

瀬戸内海のように、比較的開けた湾・灘が潮流の著しく発達する海峡や瀬戸（以下、瀬戸水域と称する）によって結ばれている海域では、各湾・灘間の物質の輸送に瀬戸水域の水理的な構造が極めて重要な役割を担っていると考えられる。また、潮流による海水混合の大きさなどの面で灘部とは著しく異なる環境条件を持つ瀬戸水域は、瀬戸内海を生物生産の場として支える基本的な要素の一つになっている(MUKAI, 1974)。しかしながら、

これまで瀬戸水域そのものについての調査例は極めて少なく、その水理的な構造についても不明の点が多い。

そこで著者らは、これまで瀬戸内海中央部安芸灘と備後・燧灘を結ぶ芸予多島水域の幾つかの瀬戸において、漂流ブイ等の放流・追跡、染料拡散実験などを行い、瀬戸水域における海水交換、拡散等の特性について検討を加えてきた(中田・平野, 1976; 1978; NAKATA and HIRANO, 1978)。これまでの研究を通じて、瀬戸水域には湧きあがり、シア分散等により物質を大きく拡散させる要素と、逆に収束・海水の停滞等によって物質を集積・滞留させる要素が共存しており、この両者が瀬戸水域を通じての物質の輸送に複合的に寄与していることが指摘されている。

本研究は、染料拡散実験(中田・平野, 1978)に引き続いて、芸予多島水域の北側に位置する布刈瀬戸(Fig.

\* 1987年8月20日受理

\*\* 東京大学海洋研究所 Ocean Research Institute, University of Tokyo, 1-15-1 Minamidai, Nakano, Tokyo 164

\*\*\* 東海大学海洋学部 Faculty of Marine Science and Technology, Tokai University, 3-20-1, Orido, Shimizu, Shizuoka 424

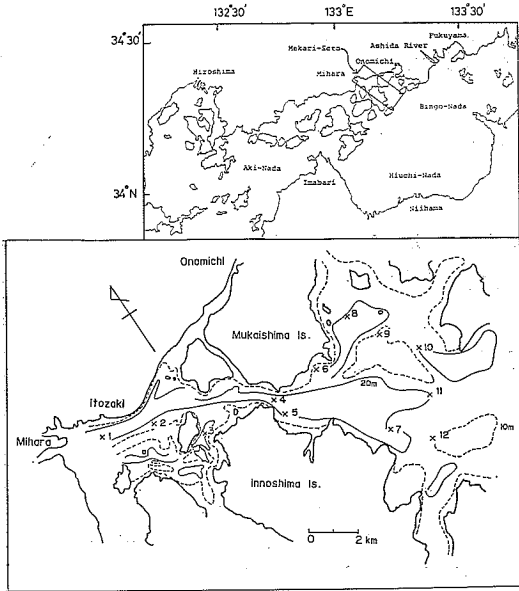


Fig. 1. Map of the stations of turbidity observation in the Mekari-Seto.

1) で実施した周年にわたる濁度調査 (毎月1回, 1975年6月~1976年6月) の結果にもとづいて, 上述の瀬戸水域における物質輸送の特性を, 濁り物質の分布・変動の側面から更に具体的に考察しようとしたものである。

瀬戸内海の瀬戸水域における濁りの問題については, 古くは宇田・渡辺 (1933) の報告で, 潮流による攪拌によって底泥が巻きあげられるため隣接する灘水域に比べて濁りの度合は概して大きいと記されている。その後, 西村 (1972), 塩沢ほか (1985) などによって, 瀬戸内海全域規模で透明度や懸濁物量の分布・変動の特性が記述されてきたが, 瀬戸水域については十分な調査データが得られていないことが多く, これまで詳しい報告はほとんど見受けられない。また, 井上・田中 (1966; 1968) らは備讃瀬戸において, 航路浚渫, 番ノ州埋立等の浅海土木工事に関連して, 濁りの量的・質的变化に関する調査を継続的に実施しているが, これらの報告では濁りの負荷源との関係の解析に主眼がおかれているため, 潮時・季節による変動性, 瀬戸水域の流動・拡散場との対応については, ほとんど言及されていない。

そこで, 本研究ではまず瀬戸水域における濁りの時間・空間的な変動の実態を布刈瀬戸における濁度調査結果にもとづいて記述すると共に, 濁度の変動からみた物質輸送の場としての瀬戸水域の特徴について考察を加える。

## 2. 方法

### 2-1. 調査の概要

1975年6月から1976年6月まで毎月1回, 潮流の影響の最も大きい大潮時期を選んで, 布刈瀬戸において濁度・透明度を主とした調査を行った。調査地点図をFig. 1に示す。このうち Stn. 5 (因島・大浜沖) においては, 濁度の潮時による変動を調べるため, 濁度と流向・流速の一昼夜観測 (毎時) を実施した。濁度の測定には内水研C型濁度計 (古川ほか, 1961), 流速の測定にはCM-2型流速計 (東邦電探K. K.) を用いた。

布刈瀬戸は芸予多島水域のうち向島と因島間に位置する幅1キロ程度の瀬戸で, 主流部の流速は最強時には3~4ノットを示す。瀬戸の水路は北西から南東方向に開けており, 上げ潮時には南東流, 下げ潮時には北西流となる。その流軸に沿って水深が深くなっている (最深部は瀬戸中央からやや南東側に位置し, その水深は約50mである)。瀬戸の北西部は比較的狭く細長い形状を有し, 海底の起伏に富んでいるのに対して, 南東部は水路が扇形に広がり, 流軸の部分を除けば概して浅く, 大きな州などが形成されている。

各定点の調査は各月とも転流時 (満潮) の前後ほぼ3時間以内に行ったが, 気象条件, 観測計器の故障などのため1975年11月の Stns. 10~12 及び 1976年4月については観測を中止した。また, 原則として定点調査の翌日には観測を中止した。また, 原則として定点調査の翌日に Stn. 5 での一昼夜観測を実施したが, 8月には台風のためこの観測はとりやめた。なお, 1975年6月は集中豪雨の直後, 8月と10月は台風の接近時にあたっていた。また Stns. 6~8 の沿岸寄りや Stns. 9~10 には浮遊物が帯状に分布していることが調査中にしばしば観察された。

### 2-2. 濁度の測定

一般に, 海中の懸濁物質の大きさや量を測定する方法には, ろ過・遠心分離などの力学的測定法と, 透明度・濁度などの光学的測定法とがある (古川, 1957)。潮流の変動等に大きく影響される瀬戸水域において懸濁物の分布構造をとらえるには, サンプリングの迅速さがまず求められることから, ここでは後者を用いることにした。

また, ここで濁度と称するのは, 光束消散係数  $\alpha(m^{-1})$  のことである。これは濁度計の Light-path に平行光線を透過させた際の光の減衰を, 蒸留水の場合と対比させた時の減衰度合で示したもので, 空気中での光量の読み値  $M_A$  と水中での読み値  $M_W$  から次式によって算定される (古川, 1957; 井上・田中, 1968)。

$$\alpha = (2.3/D) \log (1.08 M_A/M_W) \quad (1)$$

ただし、 $D$ は濁度計の Light-path (ここでは 0.5m), 1.08は空気-ガラス面と、水-ガラス面との反射の違いによる補正值である。

消散係数  $\alpha$  ( $m^{-1}$ ) と透明度  $T$  (m) の間には相互関係があることが知られており、JONES and WILLS (1956) はテムズ河口などにおける調査結果から、 $\alpha=0.2\sim 6.4$  のとき、 $\alpha T=4.38 \pm 0.1$  の関係式を得ている。瀬戸内海の瀬戸水域では、井上・田中 (1968) によって、備讃

瀬戸で浚渫工事の始まる以前の資料について  $\alpha T=2.6$ , 1966年の浚渫後の平均値として  $\alpha T=5.4$  の値が得られており、 $\alpha T$  の値が懸濁物の光学的性質によって異なることが示唆されている。

### 3. 結 果

#### 3-1. 濁度の潮時による変動

布刈瀬戸の Stn. 5 における濁度の一昼夜観測結果のうち、濁度が高い値を示した1975年7月・10月及び最も

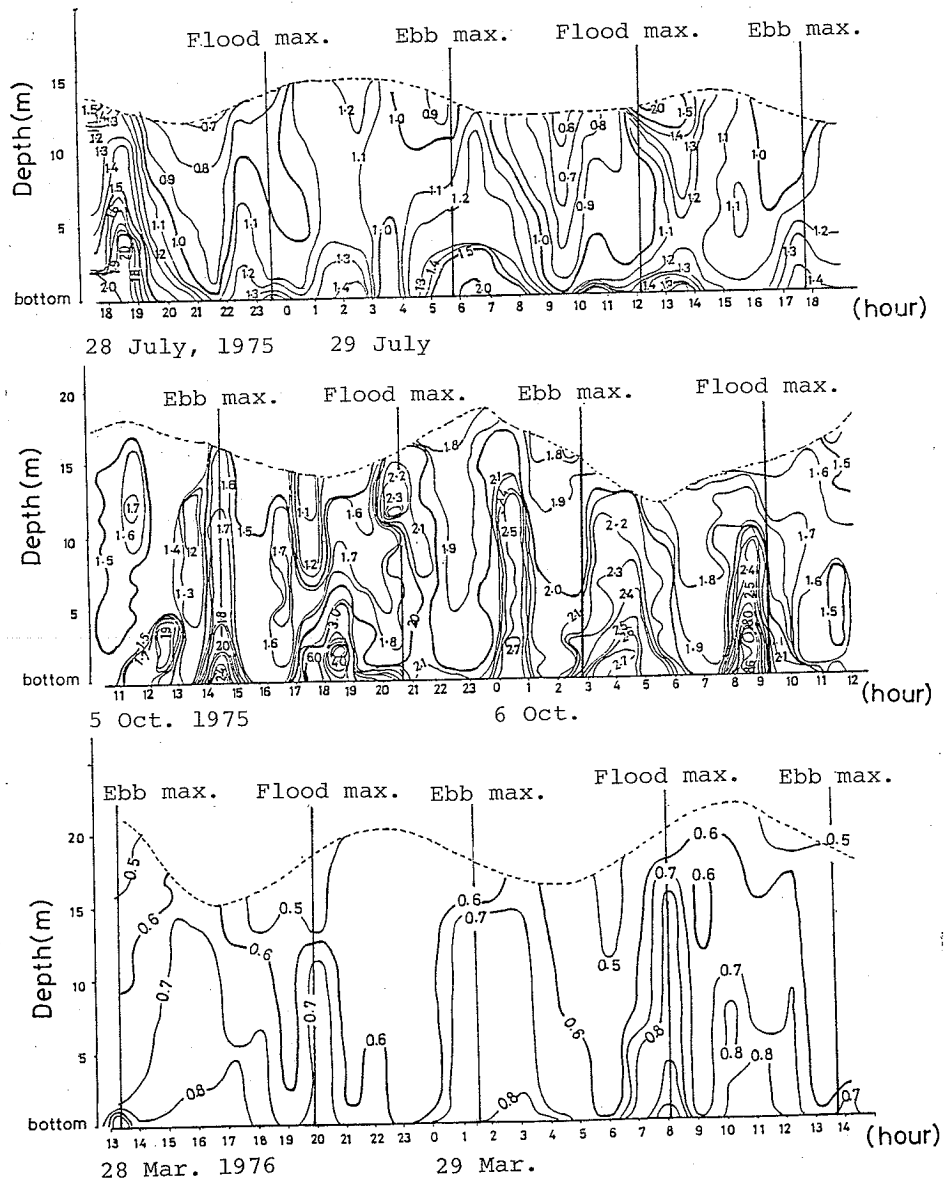


Fig. 2. Isoplethes of vertical distribution of attenuation coefficient ( $m^{-1}$ ) at Stn. 5.

低かった1976年3月の濁度の変動の様子を Fig. 2. に示した。時間的な変動の大きさにはそれぞれ違いがあるが、いずれも底層における濁度の変動と表層・中層の濁度の変動とがよく対応していることがわかる。また、図中に示した縦線は主流部における潮流の最強時を示したものであるが、概してこの最強流時の前後に底層の濁度が増加することが多い。これらは、潮流による底泥の巻きあげの状況が布刈瀬戸における濁度の時間的な変動を大きく規定していることを示している。

また、Fig. 3 は同じく Stn. 5 における7月の観測結果で、上段は流速の東方成分・北方成分、下段は濁度の

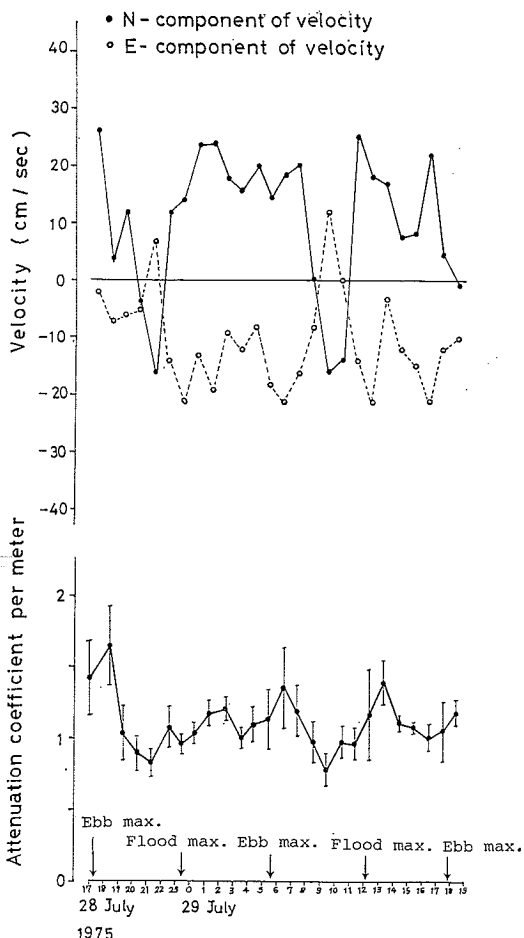


Fig. 3. Time changes of the current velocity (upper) and the attenuation coefficient (lower) at Stn. 5 (17:00, July 28~19:00, July 29, 1975). Vertical bars in the lower figure represent standard deviation of the vertical mean of attenuation coefficient.

鉛直平均値とその標準偏差の時間的な変動を表わしている。これによれば、布刈瀬戸の因島沿岸には北ないし北西方向の流れが発達しており、半日周期の卓越する瀬戸の主流域とは傾向が異なっている。この地域的な流れは季節によらずどの月にもほぼ同様に観測されている。7月の例では、濁度はこの流れの変動に対応して概ね規則的な変動を示しており、上げ潮時の初めにみられる南東流の時期には濁度が最も小さい。また、逆に濁度が大きくなるのは下げ潮（北西流）時の後半で、このとき濁度の鉛直平均値の標準偏差が大きくなるのは底層の濁度が増加したためである (Fig. 2 上段)。これらは、その場での潮流による底泥の巻きあげに加えて、比較的開けた瀬戸の南東部で強流時に巻きあげられた懸濁物が下げ潮流によって輸送され、濁度に影響を与えていることを示唆している。濁度の高かった9月・10月の場合は変動が不規則かつ複雑な様相を呈したが (Fig. 2 中段)、他の月の観測結果には7月とほぼ同様の傾向が認められた。

なお、潮流による底泥の巻きあがり現象は海底の流速変動にかなり敏感に反応することが報告されているが (鷲見, 1974; KAWANA and TANIMOTO, 1981), 布刈瀬戸因島沿岸において1976年9月24日10時から17時30分まで (下げ潮流最強時 14時46分), 濁度計と流速計 (MR-2 型) を海底面上4 m に懸垂して得られた連続観測記録にも、Fig. 3 と同様に下げ潮の後半に濁度が大きくなる傾向が認められている (中田, 1977)。

### 3-2. 濁度の季節的な変動

前節で述べた Stn. 5 の観測結果からも伺えるように、布刈瀬戸における濁度変動の様相は調査の時期によって大きな違いを示した。Fig. 4 は、各調査点の表層 (0~2m) と底層 (底面上1~2m) における濁度の季節的な変動を示したものである。Stn. 3 と Stn. 7 については図示していないが、いずれも Stn. 4 とほぼ同様であった。また、Stn. 5 のデータについては一昼夜観測の平均値とその標準偏差が示されている (1975年8月には一昼夜観測を実施しなかったため、満潮時と干潮時の観測値の平均を図示した)。

全体的な傾向として、濁度の値は夏から秋にかけて大きく、1月には若干増加しているものの、冬から初春にかけて急に小さくなっている。また、底層の濁度はほとんどの場合、表層より大きな値を示しているが、季節的な両者の変動は極めてよく対応している。このことは、布刈瀬戸においては年間を通じて底泥起源の懸濁物の供給が大きな影響を及ぼしていることを示すものと考えられる。なお、Stn. 1 は三原湾内に設けられた調査点で

瀬戸水域における濁度変動

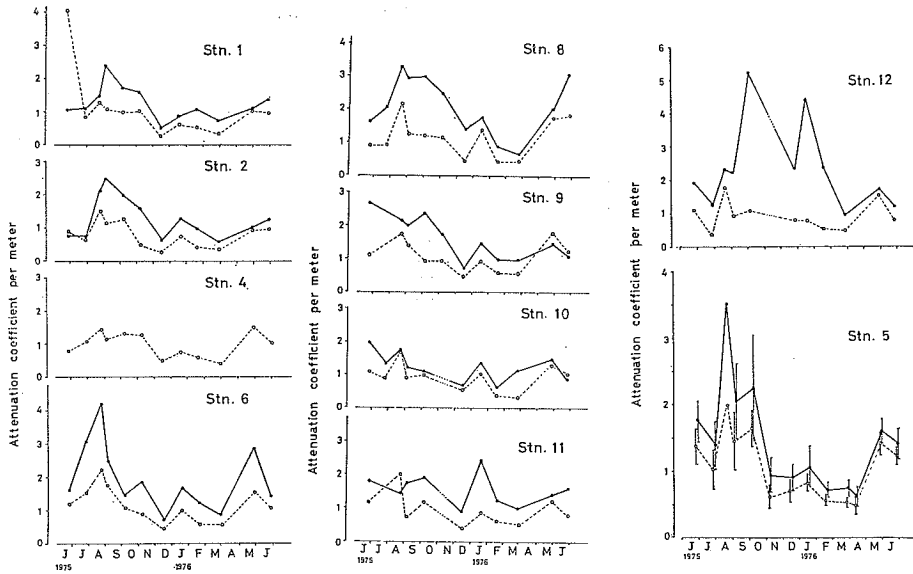


Fig. 4. Seasonal changes of attenuation coefficient in the Mekari-Seto (June, 1975~ June, 1976). The changes in the surface and bottom waters are shown by the broken and solid lines respectively.

あり、1975年6月には集中豪雨直後で湾奥に流入する沼田川の出水の影響を受け表層に著しく高い値が得られている。しかし、この場合でも他の地点の表層においてはそれ程顕著な影響は観測されていない。これは海水混合の大きい瀬戸水域における濁度分布の特徴のひとつと考えられる。また、Stn. 4は布刈瀬戸中央の調査点（水深40m）で、濁度計コード長（25m）の制約のため底層においては観測値が得られていないが、表層から20~25mまでの濁度の値はほとんど均一であった。一方、1976年1月にはほとんどの地点で濁度の増加が認められた。これは後述のように調査時期の強風の影響によるものとみられるが、とりわけ濁度の増加の著しい Stns. 11, 12 については、これらの地点の周辺が秋から冬にかけて小型底曳きの漁場になることの影響もあわせて考慮する必要がある。

以上のように、各測点間で多少の違いはあるものの、基本的には Stn. 5 とほぼ同様の季節変動が認められる。Stn. 5 の濁度は、夏~秋には  $\alpha = 1 \sim 4$ 、冬~春には  $\alpha = 1$  以下の値を示し、その季節変動の幅は潮時による変動より明らかに大きい。調査を底泥の擾乱の最も大きいと思われる大潮時に実施しているため、濁度の増加が底層に著しいものと考えられるが、冬から初春にかけては濁度の変動幅も小さくなっており、底泥の擾乱によって浮上し、濁度に大きな影響を及ぼす懸濁物の量が減少

したことが推察される。初夏から秋にかけては、逆に、濁度を大きくする懸濁物が布刈瀬戸に供給・集積されたものと考えられる。

Fig. 5 はさらに、Stn. 5 における各月の平均透明度（上段）と濁度の鉛直平均値（下段）を示したものである。透明度には濁度とほぼ逆の季節変動がみられ、6月及び8~10月には3m以下、11月及び2~4月には4m以上の値が得られた。そこで次に、濁度  $\alpha$  ( $m^{-1}$ ) と透明度  $T$  (m) の積  $\alpha T$  の値をもとに、濁度に影響する懸濁物の光学的性質について検討を加えた。Fig. 6 は縦軸に濁度  $\alpha$  (鉛直平均値)、横軸に透明度の逆数  $1/T$  をとり、布刈瀬戸の Stn. 5 で得られたデータを、夏~秋と冬~春の2つの時期に分けてプロットしたものである。多少のばらつきはあるものの、5月から10月と11月から4月とで明らかに傾向が異なっており、前者については  $\alpha T = 4.5$ 、後者については  $\alpha T = 2.3$  程度の値が得られた。

井上・田中(1966; 1968)は備讃瀬戸において  $\alpha T$  による水域区分を試みているが、更に、懸濁物の粒子組成と  $\alpha T$  との関連についても検討し、一般に、懸濁物中に微細粒子の占める割合が多くなれば  $\alpha T$  は大きくなり、逆に微細粒子の割合が少なくなると  $\alpha T$  が小さくなることを報告している(香川大学農学部海拓工学研究室, 1969)。したがって、Fig. 6 に示された布刈瀬戸にお

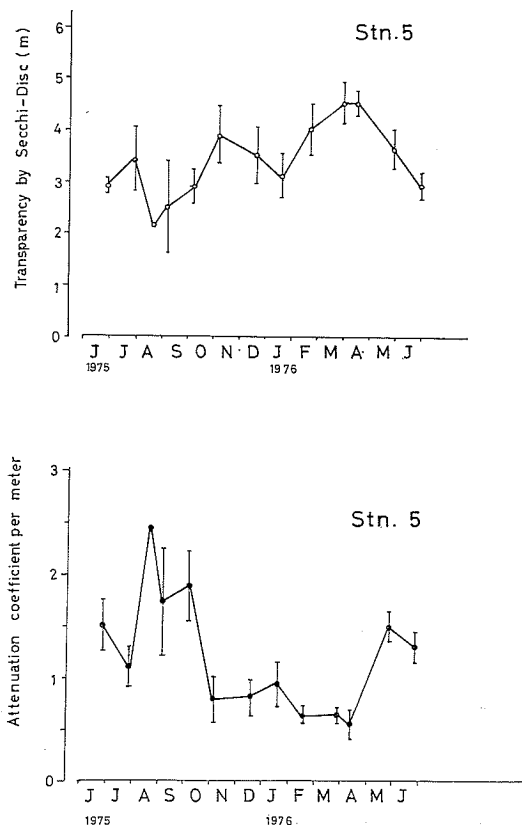


Fig. 5. Seasonal changes of 25-hourly mean of the transparency (upper) and 25-hourly vertical mean value of the attenuation coefficient (lower) at Stn. 5 (June, 1975~June, 1976). Vertical bars in the figure represent standard deviation of the mean.

る  $\alpha T$  値の季節的な違いは、夏から秋にかけてと冬から春とで濁度に影響する懸濁物の内容が変化したことを意味しており、夏季には冬季より微細な粒子の占める割合がかなり大きかったことが推察される。なお、古川ほか(1961)によれば、広島湾奥でも濁度および懸濁物の粒径(推算値)に同様の季節変化が認められている。

また、Fig. 7 は、1975年7月及び12月における各調査点の濁度の鉛直分布を例示したものである。調査水域の海底地形の複雑さや調査を行った潮時の違いなどのため、観測点の水深が7月と12月で若干異なっているが、この図から濁度の鉛直分布に季節的な変化が認められることがわかる。すなわち、夏季には、向島沿岸の湾曲部にあたる Stn. 6 や島に囲まれ流れが停滞しやすい袋状の水域に位置する Stn. 8 など瀬戸の縁辺部の中層

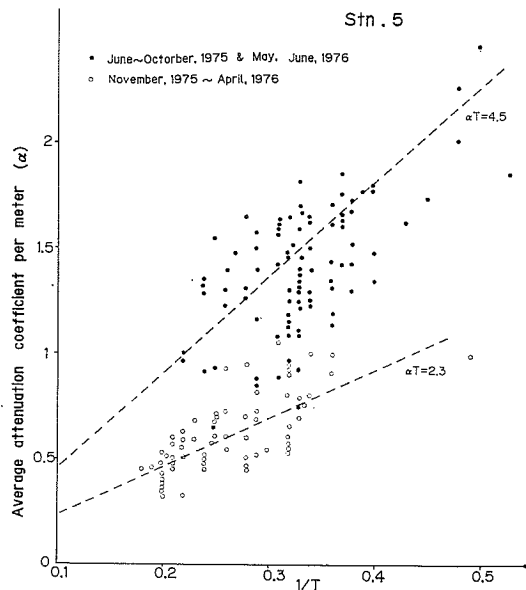


Fig. 6. Relation between the vertical mean attenuation coefficient ( $\alpha$ ) and the reciprocal of the transparency ( $1/T$ ) in the Mekari-Seto.

から底層で、濁度が大きくなる分布型がみられる。一方、冬季には、鉛直的にほぼ均一な分布型を示し、濁度の値そのものも極めて小さい。

以上の結果から、瀬戸水域においては底泥の巻きあげなど潮流による海水擾乱が大きいかかわらず、特に夏から秋にかけて瀬戸縁辺部の底層などに微細な懸濁物が滞留・集積する傾向が認められ、それらが浮上・沈積をくりかえして濁度の変動に大きな影響を及ぼしていること、一方、冬から春にかけてはこうした懸濁物の供給量が減少するとともに、その瀬戸水域内への滞留量も著しく減少し、そのため濁度あるいはその潮時による変動がいずれも小さくなることが推察される。

#### 4. 考 察

内湾内海域における濁りの変動は、概念的には濁り物質の供給量ないしは存在量の変化と海域での分布様式の変化の両方で規定されると考えられる。前者については、降雨による河川流入量の増加(たとえば古川ほか, 1961)、海中工事等による負荷(井上・田中, 1966; 1968)等の影響が具体的に指摘されている。また、プランクトン類など  $100\mu\text{m}$  以上の大型懸濁物は小型のものに比べて濁度を与える影響が小さいといわれているが(菱田,

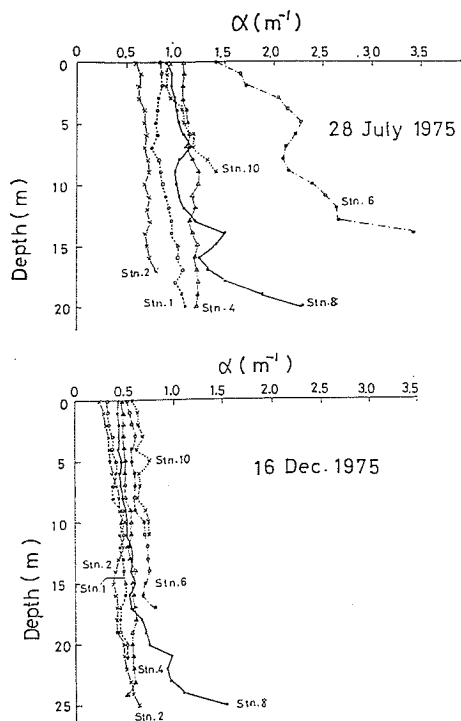


Fig. 7. Vertical distribution of attenuation coefficient in July (upper) and December (lower) in the Mekari-Seto.

1954; 古川ほか, 1961), その死骸の分解生成物等はデトリタスとして影響を及ぼすものと考えられる。一方、後者については、底泥の潮流や波による巻きあげ(鷲見, 1974; KAWANA and TANIMOTO, 1981), 強風に伴う巻きあげ(HISHIDA, 1962; BOHLEN, 1975)あるいはセイシュの働き(坂本, 1985)などが注目されている。

本研究の対象とした布刈瀬戸においては、濁度が潮時に対応して大きく変動しており、瀬戸の潮流による底泥の巻きあげと輸送の状況が濁度の時間的な変動の主因となっている。また、季節的には濁度は夏から秋に増加、冬から春に減少する変動傾向が明瞭に認められた。そこでこの季節変動の要因を探る意味で、布刈瀬戸での各月の調査前5日間の福山における降水量及び調査日も含めて5日前からの平均風速を Fig. 8 に示し、さきに Fig. 5 に示した濁度・透明度の変化と対比してみた。ほとんどの地点で1月には濁度の増加及び透明度の低下が認められたが、これは Fig. 8 からみて風による擾乱の影響の現われと考えることができる。また、降水量に

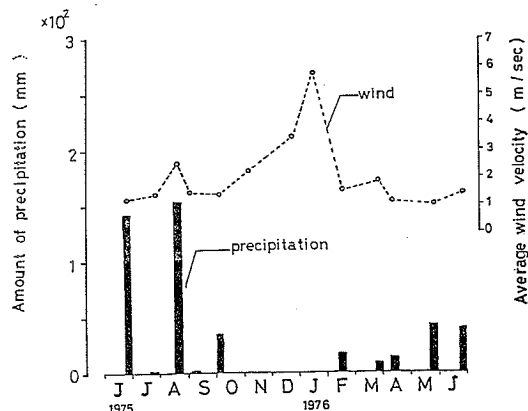


Fig. 8. Total precipitation in Fukuyama and average wind velocity in Mukaishima for 5 days before the turbidity observation in the Mekari-Seto.

については概して夏季(5~8月)の調査前に多く、11~1月には極めて少ない。全体的な傾向としては濁度、透明度の変動はこの降水量の相違とよく対応しており、特に、1975年6月及び8月には降雨に伴う河川起源の懸濁物の供給量の増加が濁度に直接的に影響したものと考えられる。しかし、9月~10月には濁度が著しく大きい値を示すわりにはこの時期の降水量は少なく、むしろ、瀬戸水域内の底層にこの時期までに集積された懸濁物の巻きあげなどに起因するところが大きいと考えられる。

一方、布刈瀬戸周辺におけるプランクトンの季節的な変動については資料に乏しく、HIROTA (1961), 井上ほか(1967)の報告があるに過ぎないが、それらによればプランクトンの沈殿量は多くの場合、7~8月に極大を示す。また、隣接する燧灘東部での調査結果では、クロフィル量は一般に12月~4月に少なく、5月~11月に多いことが報告されている(岡市ほか, 1981)。これらは夏から秋にかけての濁度の増加を支える要因の一つになっているものと考えられるが、橋本・木村(1976)によれば、布刈瀬戸周辺域における透明度とクロフィルaとの相関は概して低く、ことに秋の大潮期には両者の相関は著しく小さい。

以上のことから、布刈瀬戸における濁度の変動は、基本的には河川等から供給された濁り物質(一部には生物生産に起源をもつものを含む)の量によって規定され、それが潮流による巻きあげ輸送の作用を受けて時間的・季節的にその分布を変化させている結果としてとらえる

ことができる。

隣接する灘水域においては、流れによる擾乱が相対的に小さいため、河川などの影響を直接受けるところを除けば、濁度は一般に  $\alpha=1 \text{ (m}^{-1}\text{)}$  以下の小さな値を示すことが多く、時空間的な変動は概して小さいとされてきた(野上, 1967; 井上ほか, 1967)。しかしながら、KAWANA and TANIMOTO (1981; 1984) の最近の調査結果によれば、夏季には瀬戸内海の各灘の海底付近に底泥の再懸濁による高濁度層の形成が認められている。この高濁度層は夏季には顕著であるが冬季には明瞭でない。その季節変化の原因について塩沢ほか(1985)は、春から夏にかけては活発な生物生産の結果、底層への懸濁物の供給量が増大する一方鉛直混合が弱まるため、底層に高濁度層が形成されるのに対して、冬には供給量の減少、鉛直混合の活発化によって高濁度層を形成していた懸濁物が系外に流出することを推論している。これら一連の報告では、瀬戸水域など流れの強いところは、濁度が鉛直的にはほぼ一様でこのような高濁度層が存在しない場所として類型化されているが、布刈瀬戸における濁度調査の結果から、瀬戸水域でもその縁辺部の中底層においては夏～秋にこの高濁度層の形成に類似した現象が起きていることがわかる。瀬戸水域では、鉛直混合の効果の季節的な変化は灘部に比べて小さいと考えられるが、基本的には塩沢ほか(1985)と同様に、河川等からの供給にともなう底層への集積と海水混合にともなう隣接域への流出とのバランスにもとづいて、この高濁度層の形成・消滅の過程を検討していく必要がある。

そこで次に、このような瀬戸水域における懸濁物の供給と海水混合による流出について、以下のような簡単な収支モデルを設定し、布刈瀬戸での観測事例との対比を試みた。

濁り物質を一応保存物質として取り扱うことにすれば、海域(瀬戸・海峡部)においては、河川などからの懸濁物の供給と海水交換などを通じての海域外(灘部)への流出のバランスにもとづいて、海域内の濁りの変化をある程度表現することが可能である。そこで、第一段階として、濁り物質の供給量は河川の流入量に比例しかつ流入した濁り物質は海水交換によって海域から一定の割合で運び出されるという簡単な収支モデルを設定する。すなわち、 $F_n$  を  $n$  月の河川流入量、 $r$  を1ヵ月あたりの交換の割合 ( $0 \leq r \leq 1$ ) とすれば、対象海域における  $n$  月の濁り物質の存在量(残存量)  $R_n$  は次式で表わされる。

$$R_n = \sum_{k=1}^n F_k (1-r)^{n+1-k} \quad (n=1, 2, \dots, 12) \quad (2)$$

$r=0$  の時には、流入した懸濁物がすべて系内に蓄積され(系外に流出せず)濁りの増加に寄与することになり、逆に  $r=1$  に近づくほど、 $n$  月より以前の流入量の  $R_n$  に対する寄与は小さくなる。

この収支モデルで得られる  $R_n$  の季節変化のパターンを、布刈瀬戸 Stn. 5 における濁度の季節変動の観測結果(1975年6月～1976年6月の各月大潮期の一昼夜観測結果で得られた日鉛直平均値の周年にわたる変化)と対応させてみる。Fig. 9 上段は、布刈瀬戸に最も近い一級河川である芦田川の各月の流入量から、(2)式を用いて  $r$  の幾つかの値についてそれぞれ  $R_n$  の値を求めた結果を示したものである。量的な比較よりむしろ季節変化のパターンの相互比較に重きをおいて、計算結果はいずれも年間の平均値  $\bar{R}$  に対する比率 ( $R_n/\bar{R}$ ) として規準化して示してある(芦田川の流入量そのものの変化のパターンは、 $r=0.9$  の場合とほぼ同様である)。Fig. 9 下段に示した布刈瀬戸における濁度の各月の観測値 ( $R_n$  の

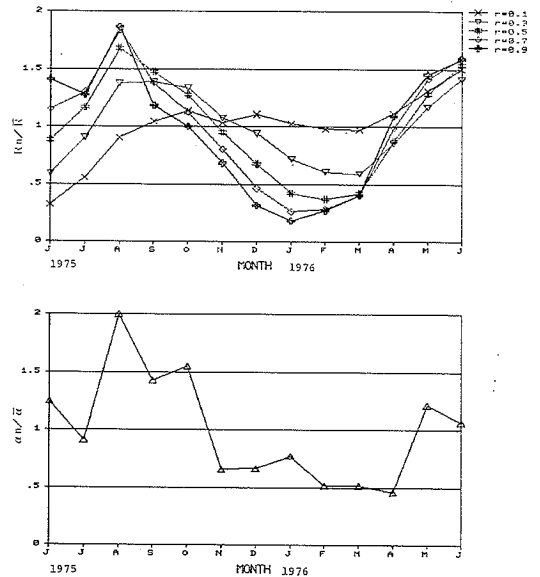


Fig. 9. Monthly change of the resident portion of the river discharge ( $R_n$ , see text in detail) estimated from the discharge data of the Ashida River located in the neighbourhood of the Mekari-Seto (upper) and monthly changes of the attenuation coefficient ( $a_n$ ) observed at Stn. 5 (lower).  $R_n$  and  $a_n$  are both standardized by dividing them by the yearly mean value ( $\bar{R}$  and  $\bar{a}$ ).



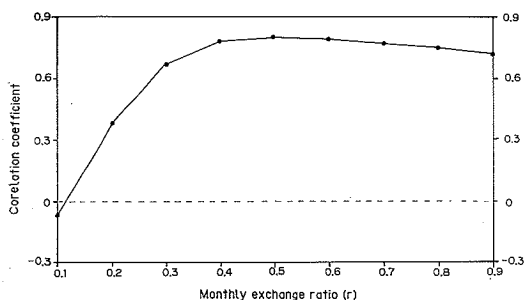


Fig. 10. Coefficients of correlation between the observed turbidity and estimated resident portion of the river discharge both standardized as shown in the legend of Fig. 9.

The calculations of the coefficient were carried out in various cases of the monthly exchange ratio ( $r=0.1, 0.2, \dots, 0.9$ ).

場合と同じく年間の平均値  $\bar{\alpha}$  に対する比率で表わされている)の季節的な変動パターンは、 $r$ の値が0.4より大きい場合に  $R_n$ の季節変化パターンと概ね良く対応していることがわかる。Fig. 10はさらに、それぞれ平均値によって規準化した各月の濁度と  $R_n$ との相関係数を、 $r=0.1, 0.2, \dots, 0.9$ のそれぞれについて算定した結果を示したものである。両者の相関係数は、 $r=0.5$ とした場合に最も高い(0.80)。各月1回の濁度観測値の代表性などにも問題はあがるが、以上の結果は、濁度の季節変動のパターンを、河川流入量の変動と適当な交換比率との組合わせで概ね説明できることを示している。

瀬戸内海の場合とは濁度変動にかかわる海洋特性が異なるものと思われるが、TAKEMATSU et al. (1971)は東海村沿岸での観測結果にもとづき、夏季には表層及び底層で濁度が大きく中層で極小となる分布を示すのに対して、冬季には鉛直混合の影響を受けて懸濁可能な底質のほとんどが巻きあげられ、表層から底層上部まではほぼ一様な単純な分布を示し、そのため一般的に冬季の方が夏季より濁度の値は大きくなることを報告している。これに対して瀬戸内海では、ここで示した布刈瀬戸での調査結果、塩沢ほか(1985)によって報告された灘部での観測のいずれについても、冬季には濁度に影響を与える懸濁物が系外に流出することが示唆されている。こうした懸濁物の行方あるいは濁度の季節変動の機構について更に研究を進めていくには、懸濁物の性状・組成等の質的な面も含めてその動態や収支を周年にわたって細かく追跡して行くことが必要である。

## 5. まとめ

以上に述べたように、布刈瀬戸における濁度の分布は、潮時あるいは季節によって大きく変動している。それらを瀬戸水域における物質の輸送という観点から整理すると大よそ次の通りである。

- 1) 濁度の潮時による著しい変動は、瀬戸の潮流による底泥の巻きあげ及び巻きあげられた底泥の輸送に依るところが大きい。
- 2) 濁度の鉛直分布はほとんどの場合、表・中層より底層に大きくなる傾向を示したが、その傾向は夏から秋にかけて特に明瞭であった。また、この底層における濁度の増加は、地形的な湾入部にあたる Stn. 5, Stn. 6 及び Stn. 8 などで著しく、これら瀬戸縁辺域の底層にはこの時期に微細な懸濁粒子が滞留・沈積したことが推察された。染料の拡散実験などの際に、瀬戸の縁辺域に地形等の影響によって幾つか収束線を生じていたことが報告されており、また、局地的な流動の停滞、渦流の形成等も認められている(中田・平野, 1978)。これらは懸濁粒子の縁辺域への滞留・沈積を促す要因になっているものと考えられる。
- 3) 河川および生物生産に由来する懸濁物の供給量の減少する冬～春には、夏から秋にかけて瀬戸縁辺域に滞留し濁度の変動に寄与していた底層の懸濁物が、海水交換によって隣接域に運び去られ、それが濁度の著しい減少をもたらしたことが推察される。

なお、本研究に関する調査の多くは、本州四国連絡架橋漁業影響調査の一環として、水産庁南西海区水産研究所尾道分室との協同体制で実施したものである。終りにのぞみ、南西海区水産研究所主任研究官 故高森茂樹氏に深く感謝の意を表す。また、本研究のために良き機会を与えられた元南西海区水産研究所長 花村宣彦博士(現在、シャトー海洋調査)、並びに、本研究を進めるにあたって数々の便宜をはかっていただいた本州四国連絡架橋公団および日本水産資源保護協会の方々、更に、資料解析、原稿作成等にご協力いただいた白石みよ子、中田慶子、宮嶋良子、吉田典子の各氏に厚くお礼申し上げる。

## 文 献

- BOHLEN, W. F. (1975) An investigation of suspended material concentrations in Eastern Long Island Sound. *J. Geophys. Res.*, **86**, 5089-5100.
- 古川 厚 (1957) 最近の水中懸濁物測定法に就いて。日本水産学会誌, **23**, 124-136.

- 古川 厚・野上和彦・久岡 実・小笠原義光・岡本 亮・小林歌男 (1961) 海中懸濁物質並びに主としてその点からみた貝類養殖場の特性に関する研究. 内海区水研報, **14**, 1-151.
- 橋本俊将・木村知博 (1976) 布刈瀬戸周辺域および備後灘北部の海況. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告, 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会ほか, **9**, 74-83.
- HIROTA, R. (1961) Zooplankton investigation in the Bingo Nada region of the Setonaikai (Inland Sea of Japan). J. Sci. Hiroshima Univ., **20**, 83-145.
- 菱田耕造 (1954) 海水の濁りに関する研究 特に輻射量との関係について. 日本海洋学会誌, **9**, 143-180.
- HISHIDA, K. (1962) On the variation of the turbidity in the sea water (1). J. Oceanogr. Soc. Japan, **18**, 79-84.
- 井上 明・高森茂樹・国行一正・小林真一・仁科重巳 (1967) イカナゴの漁業生物学的研究. 内海区水研報, **25**, 1-135.
- 井上裕雄・田中啓陽 (1966) 備讃瀬戸海域における海洋懸濁物質の現況. 海拓工学研究ノート, 香川大学農学部, **1**, 1-37.
- 井上裕雄・田中啓陽 (1968) 浅海土木工事に伴う備讃瀬戸の濁りに関する研究. 海拓工学研究ノート, 香川大学農学部, **3**, 1-29.
- JONES, D. and M. S. WILLS (1956) The attenuation of light in sea and estuarine waters in relation to the concentration of suspended solid matter. J. Mar. Biol. Ass. U. K., **35**, 431-444.
- 香川大学農学部海拓工学研究室 (1969) 香川県沿岸海域における微海洋環境に関する研究 1. 坂出一多度津間海域の海水流動と濁りについて. 1-51.
- KAWANA, K. and T. TANIMOTO (1981) Temporal variation of resuspended matter for one tidal cycle in the Hiuchi-Nada area. J. Oceanogr. Soc. Japan, **37**, 173-178.
- KAWANA, K. and T. TANIMOTO (1984) Turbid bottom water layer and bottom sediment in the Seto Inland Sea. J. Oceanogr. Soc. Japan, **40**, 175-183.
- MUKAI, H. (1974) Ecological studies on distribution and production of some benthic animals in the coastal waters of central inland sea of Japan. J. Sci. Hiroshima Univ., Ser. B, Div. 1, **25**, 1-82.
- 中田英昭 (1977) 瀬戸内海における生物生産環境としての海水流動・拡散に関する研究. 学位論文 (東京大学), 288pp.
- 中田英昭・平野敏行 (1976) 瀬戸水域における海水の交流・交換について. 水産海洋研究会報, **29**, 7-14.
- 中田英昭・平野敏行 (1978) 瀬戸水域における染料拡散実験. 水産海洋研究会報, **32**, 1-14.
- NAKATA, H. and T. HIRANO (1978) Investigation on the transport and diffusion of sea water in the Seto Inland Sea. Proc. of the Colloquium on Aquatic Environment in Pacific Region, SCOPE/Academia Sinica, Taipei, 48-63.
- 西村 肇 (1972) 瀬戸内海の汚染Ⅲ 海水の濁り. 科学, **42**, 622-629.
- 野上和彦 (1967) 水中濁度の垂直分布の類型とそれによる内湾の水域区分について. 内海区水研刊行物C輯, **5**, 13-20.
- 岡市友利・越智 正・門谷 茂 (1981) 内湾での植物プランクトンの月別現存量, 生産量の把握Ⅲ. 内湾底泥をめぐる物質収支の動態解明に関する研究. 昭和55年度研究成績報告書, 東海区水産研究所ほか, 169-179.
- 坂本 亘 (1985) 沿岸生態系における懸濁物・堆積物の役割. 沿岸海洋研究ノート, **22**, 136-148.
- 塩沢孝之・川名吉一郎・星加 章・谷本照己 (1985) 内湾における懸濁物質・底泥の取扱い. 沿岸海洋研究ノート, **22**, 149-156.
- 鷺見英一 (1974) エスチャリーにおける懸濁物質の浮遊機構(1). 第21回海岸工学講演会論文集, 453-458.
- TAKEMATSU, N., N. OKAMI, M. KISHINO, M. FUKUDA and T. SASAKI (1971) The distribution of suspended matter in sea water off the coast of Tokai-mura. La mer, **9**, 252-259.
- 宇田道隆・渡辺信雄 (1933) 瀬戸内海の平年各月海況. 水産試験場報告, **3**, 137-164.