

第II部門

垂水海域での現地観測による流動と拡散の特性

神戸大学工学部
神戸大学工学部
神戸大学工学部

学生員
正会員
正会員

○青木 千夏
中山 昭彦
Jeremy D. BRICKER

1. はじめに

対象とした場所は、神戸市垂水区の海域で、大阪湾の西北端、明石海峡のすぐ東に位置している。このあたりの海水の流動は、沿岸の地形の影響や強い潮流のため複雑であり、時間変化も急激である。付近では、底引網漁業や海苔養殖漁業が盛んであると同時に、図-1 に示すように下水処理施設の処理水放流管が海底に埋設されている。放流量は平均 $1\text{m}^3/\text{s}$ 程度である。明石海峡の強い潮流の影響を受ける垂水沿岸部において、潮流の変化に伴う時間的な流動の特性と垂水処理場より放流されている処理水の移動、拡散特性の解明を目的に、現地観測を行った。



図-1 観測海域周辺

2. 現地観測の概要

ADCP と CTD を用いて、流向・流速と水温・塩分濃度等を計測した。観測日は2005年7月21日、28日の10時半から16時半までと2005年12月1日の7時半から17時までである。観測場所は、夏季は東側放流管が使用されるためその周辺、冬季は西側放流管が使用されるため、その周辺の500m程度である。観測船に計測機器を取り付け、観測場所を折り返しながら走行、時間内に連続して何周も走行し観測データを収集した。1周には30分程度を要している。CTDの設置水深は1m程度であり、その水深での水平分布を述べる。

3. 流速観測結果

流向・流速は満潮と干潮の間の時間から干潮にかけての変化が急激であった。その時間帯には海域の流れは西流、東流への転流、東流、西向きの流れと変化する。東流の前半には福田川河口付近において渦流が見られた(図-2)。東流の初期に左岸に反時計回りの循環流が見られ、その後大きくなっていき、海域全体が西向きの流れとなった。その他は既存の研究による流動に従う。観測海域では明石海峡付近の強い潮流の影響を受け、満潮前後は西流である。満潮と干潮の間の時間に東流へ変化し、干潮前後は東流となる。しかし干潮を過ぎ明石海峡で東流が最強となる時間帯には、須磨沖で逆流が現れるため、垂水では西向きの流れが現れる¹⁾。

4. 海域に存在する処理水混合割合の分布推定

海域に存在する処理水の混合割合を求め、移動と拡散の特性を明らかにした。7月28日のTSダイアグラムを図-3に示す。7月21日と28日の概形は同様であった。TSダイアグラムはx軸に塩分濃度、y軸に温度として計測値をプロットしたものであり、2種の水塊の混合状態であるときは直線状に分布する性質がある。測定値は2本の直線とその間に分布しているため、主に3種の水塊の混合状態であることが分かる。実際この海域には、中温低塩分の処理水、この付近に主に存在する海水(以下垂水沖の水とする)、淀川等の河川水を含む高温でやや低塩分の湾東部の水の3種が存在している。海域に存在する水塊がその3種類のみであり、水温と塩分が水塊の混合する割合で決定できると仮定すると、次の式から任意の場所の水における水塊の混合割合 f_i を算定できる。 T_i と S_i は各走行ごとのTSダイアグラムから直線を再現できるように読み取った。処理水の塩分濃度は $S_1=0.00$ としている。

$$f_1 + f_2 + f_3 = 1 \quad (1)$$

$$T = T_1 f_1 + T_2 f_2 + T_3 f_3 \quad (2)$$

$$S = S_1 f_1 + S_2 f_2 + S_3 f_3 \quad (3)$$

表-1 式中の文字

f_i : 混合割合	$i=1$: 処理水
S_i : 塩分濃度	$i=2$: 垂水沖の水
T_i : 温度	$i=3$: 湾東部の水

12月1日のTSダイアグラムを図-4に示す。処理水と海水の混合状態を表す直線が見られる。福田川河口部で観測を行ったため直線②下方に福田川の影響が見られるが、時間変化が大きく測定値数が少ないため直線に現れない。また直線①右側には海水の混合状態が見られるが、これも時間変化が大きく明瞭ではない。そのため、直線①右側と直線②下方の測定値を削除し、残りの測定値において処理水と垂水沖の水との二種の混合であると仮定し、夏季同様に水塊の混合割合 f_1 を算定した。 $f_3=0.00$ より、式(1)、(3)のみで算定した。

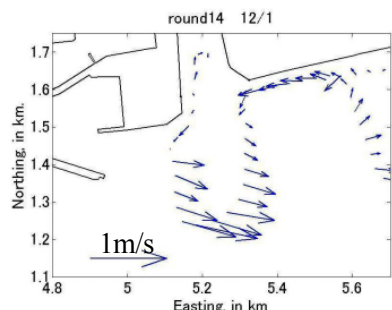


図-2 干潮直前の流速ベクトル図

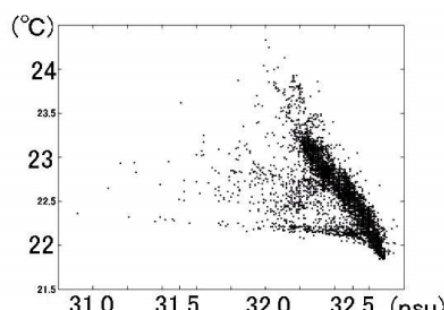


図-3 7/28のTSダイアグラム

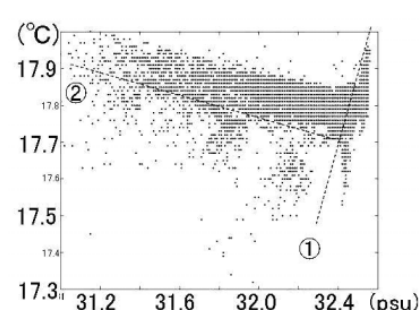
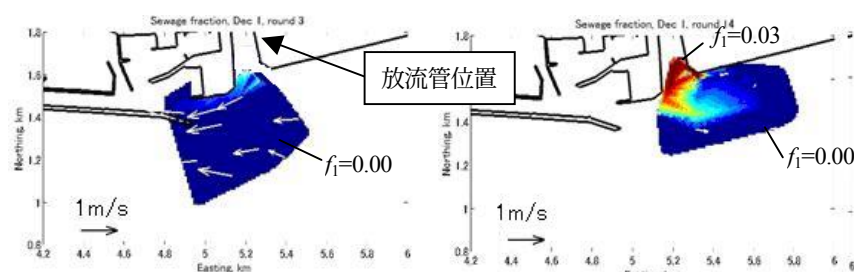
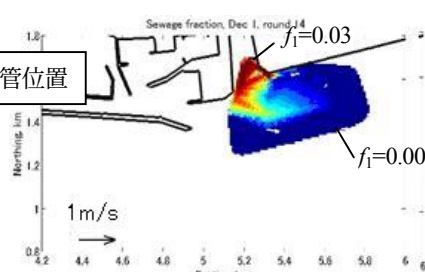
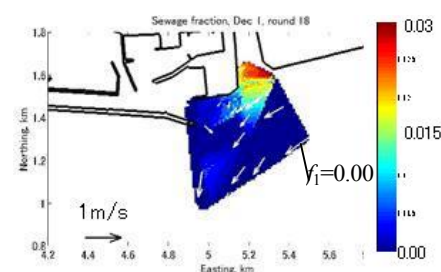


図-4 12/1のTSダイアグラム

図-5 f_1 の分布(西流時)図-6 f_1 の分布(東流前半)図-7 f_1 の分布(東流後半)

5. 海域に存在する処理水混合割合の分布

上記より求めた処理水混合割合の分布図から特性を述べる。12月1日は処理水の混合割合は0~0.03程度であった。福田川河口部から流出する処理水は、満潮前後の西流の強い時間帯には、福田川の河口外にほとんど現れない。これは、河口内が上流への流れとなる事や強い西流の拡散作用によるものである(図-5)。海域が西流から東流に転流する満潮と干潮の間の時間帯には、河口内は下流への流れとなり河口部にのみ比較的高い割合の水塊が見られる。東流となる干潮前半には、河口東側付近に反時計回りの渦流が現れ、その流れに運ばれ比較的高い割合の処理水を含む水塊が河口南側や東側へ広がる(図-6)。その後は渦半径が大きくなり処理水は南西方向の海域へすぐに消散する。干潮後半は、東流の強まりに伴い須磨沖や垂水全域に西流が現れる。河口部では、比較的高い割合の処理水を含む水塊が見られるが、海域に出ると南西方向へ消散している(図-7)。7月21日、28日では処理水の混合割合は0~0.025程度であった。流速が早い時間帯にはすぐに割合が低下する。東流前半には、放流管付近でやや高い割合の処理水を含む水塊が見られた。これは、一度西に流れた水塊が転流後に再度放流管付近へ戻るためと、流速が弱いため拡散が活発でないためである。

6. おわりに

西側放流管使用時には、干潮前半で東向きの流れが見られる時間帯にやや高い割合で処理水を含む水塊が海域で見られた。その他の時間帯では、高い割合が見られるのは河口部に限られる。東側放流管使用時においても東流の前半にやや高い割合で処理水を含む水塊が見られた。流速の大きい時間帯には、すぐに消散する。以上より、潮位変化にあわせ、放流量を調節すれば、処理水の影響を軽減することができる。

【参考文献】1) 藤原建紀, 肥後竹彦, 高杉由夫: 大阪湾の恒流と潮流・渦, 海岸工学論文集, 第36巻, pp209-213, 1989.