

大阪大学大学院 工学研究科 学生会員 ○久須 遼介・間瀬 友記

大阪大学大学院 工学研究科 正 会 員 青木 伸一

1. 研究背景と目的

三河湾のアサリは日本の全アサリ漁獲量の6割程度を占めるが、数年に一度稚貝の大量斃死を引き起こす苦潮（青潮）が発生している。苦潮とは、夏季に沖合底層部に貧酸素水塊が発達し、大規模な混合に至らない程度の沖向きの風の作用により底層貧酸素水が浅海域に遡上する現象である。しかし、遡上のメカニズムは十分には解明されておらず、気象条件等から苦潮発生を正確に予測することは難しいのが現状である。青木ら¹⁾は三河湾奥の六条潟周辺での貧酸素水塊の遡上・湧昇現象に着目し、現地データから、六条潟での貧酸素水塊の遡上および苦潮の発生は、5m/s程度の東よりの風が数日間連吹する場合に発生するケースが多く、これは、風の作用による底層水の岸側への移動とともに、干潟縁部での水塊混合による湧昇現象が組み合わさって生じていると推察した。本研究では、夏季の水塊構造の変化に及ぼす風の影響に関して、現地観測及び水理実験により考察を行った。

2. 現地観測

干潟域での水塊構造の変化を把握するため、2014年9月14、15日に三河湾奥の六条潟において水質観測を行った。図-1に示す各計測点において、DO・密度等の鉛直分布の測定を一時間毎に実施した。

図-2に9月14日の密度分布及び風向・風速のグラフを示す。



図-1 観測ライン

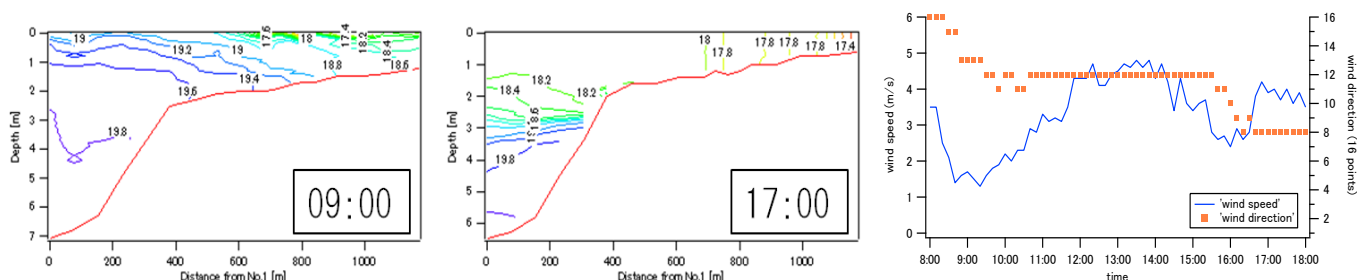


図-2 9/14の密度分布（9:00、17:00）及び風速・風向

9:00において密度成層が形成されているが、17:00には水深2m程度まで混合が進んでいる。干潟の肩以深では成層が維持されており、深部では混合には至っていない。このとき、表層より混合が始まった11:00頃から計測終了時の17:00までの風速は3-4m/s程度であった。

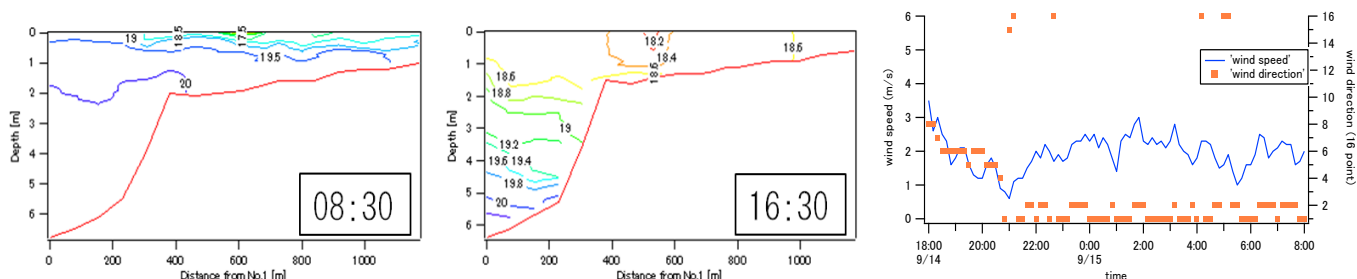


図-3 9/15の密度分布（8:30、16:30）及び14日から15日の夜間の風速・風向

Ryosuke KUSU, Tomoki MASE, Shin-ichi AOKI

kusu_r@civil.eng.osaka-u.ac.jp

図-3に9月15日の密度分布及び、14日から15日にかけての夜間の風速・風向のグラフを示す。前日の14日において表層では混合が進んでいたが、翌日15日の8:30の密度分布によると成層が回復している。これは夜間の風速が2m/s程度まで減少していることが一因として考えられる。そして、15日の16:30には、また表層において混合が進んでいることから、混合・成層化のサイクルが一日で発生していることが推察される。

図-4は今回の観測の前年の2013年9月28日に行われた観測の密度分布と風速・風向のグラフである。9:00においては2014年と同様に成層化しているが、16:30では干潟の肩以深でも混合が進み、水深5mの深場まで混合が進んでいるのが確認できる。この日の風速は12:00頃から5m/s程度の風が観測終了時まで一貫して吹き続けた。以上から、風速3.4m/sでは水深2m程度まで、風速5m/s程になると水深5.6mの深場まで混合が進むものと考えられる。

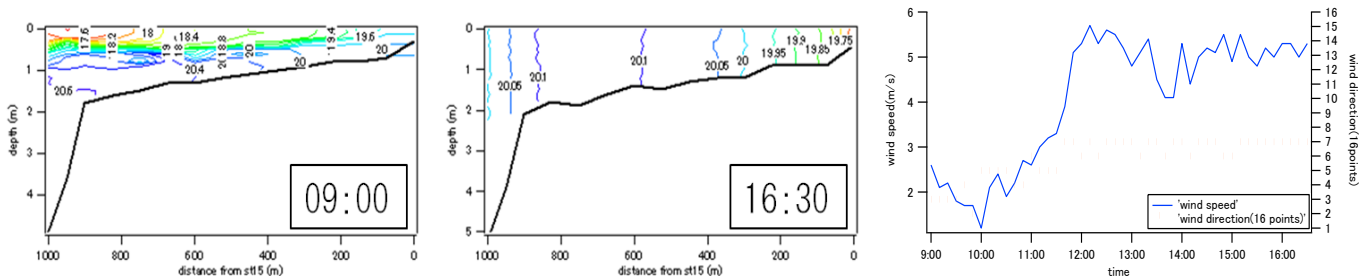


図-4 2013年9/28の密度分布及び風速・風向

3. 水理実験

成層状態の閉鎖内湾に風が吹くと湖沼と同様に密度界面の変動と底層水の湧昇現象が起こることが知られている。苦潮発生時には強固な密度成層と貧酸素水塊が発生し、離岸風が貧酸素水塊遡上の直接的な要因となっていることから、水槽を用いた実験により密度界面の挙動を調べた。実験ではWe数を界面の挙動や混合形態を分類する指標として用いた。また、海底勾配の急変という六条潟の地形性を考慮するため、図-5に示すように水路の上流側に干潟を模擬した浅瀬を作成した。

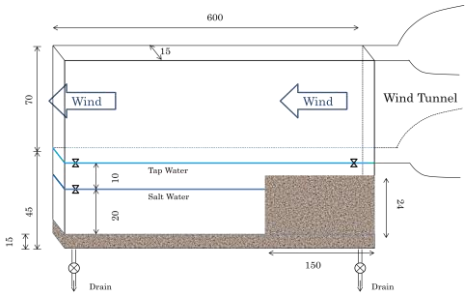


図-5 観測用水路の模式図 (cm)

$$We = Ri \times (2h_1/L)$$

We: ウェダバーン数、 h_1 : 上層水深、 L : 水路長、 $Ri (= \Delta\rho gh_1/\rho u_*^2)$: リチャードソン数、 $\Delta\rho$: 上下層の密度差、 g : 重力加速度、 ρ : 上層水の密度、 u_* : 摩擦速度 ($u_* = (C_D \rho / \rho)^{1/2} \times U$ C_D : 抵抗係数 (通常 1.3×10^{-3})、 ρ : 空気の密度)

尹ら²⁾は本研究と同様の実験装置を用いて、We数は室内実験においても適用可能で、密度界面が水表面に到達する限界範囲は $We \leq 4$ であることを示した。

図-5の模式図に示すように、水道水と塩水で二成層場を作成し、下層の塩水にはメチレンブルーで着色した。そして水面上の通風路に水路上流側から送風することにより実験を行った。風速及び密度差を変えることで全9ケース実施した(表-1)。なお、本実験においては密度界面と水塊混合の観測およびビデオ撮影のみ行った。

界面が水表面に到達したのはcase6,8,9で全て $We \leq 4$ であり、尹らの結果と一致する。これらのケースでは、送風開始後、界面は徐々に上昇し干潟の肩を越えると、下層水は底を這うようにして干潟上へと侵入し、想定したような干潟縁辺部での混合が下層水を干潟部へと持ち上げるような現象は確認されなかった。

参考文献 1) 青木伸一・間瀬友記・蒲原聡: 風による貧酸素水塊の浅海域遡上について: 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.70, No.2, 2014, I_1141-I_1145. 2) 尹鍾星・中辻啓二・村岡浩爾: 閉鎖性水域における吹送密度流に関する実験: 水工学論文集 第37巻 1993年2月。

表-1 実験条件

case	U (m/s)	$\Delta\rho(\text{kg/m}^3)$	h_1	$u_* \times 10^{-3}(\text{m/s})$	Ri	We
1	5	20	0.11	6.37	532	26
2	5	10	0.11	6.37	266	13
3	5	4	0.11	6.37	106	5.2
4	7	20	0.11	8.91	271	13.3
5	7	10	0.11	8.91	136	6.6
6	7	4	0.11	8.91	54	2.7
7	10	20	0.11	12.7	133	6.5
8	10	10	0.11	12.7	66	3.3
9	10	4	0.11	12.7	27	1.3