

第 部門 尼崎西宮芦屋港における流動および密度の連続調査

大阪大学工学部 学生員 和田伸也 大阪大学大学院工学研究科 正会員 入江政安
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 西田修三 大阪大学大学院工学研究科 正会員 中辻啓二

1. はじめに

大阪湾奥部は非常に閉鎖性の強い海域である。夏季には密度成層を形成し、鉛直混合が制限されるため、底層では貧酸素水塊が発達している。このような海域では、潮流が弱く、港内の物質輸送において吹送流が重要な働きをしており、しばしば強風によって港内の水質が大きく変化することが報告されている。本報では尼崎西宮芦屋港で 2003 年の秋季に実施した連続調査の結果に基づき、停滞性の強い海域において、風が密度構造に及ぼす影響について考察する。

2. 現地観測の概要

2003 年 8 月 20 日～9 月 30 日までの約 40 日間にわたり、図-1 に示す尼崎西宮芦屋港(東西約 6.7 km, 南北約 4.6 km)の測点 A3, B2, C3, D1 の 4 点において、流況および水質の連続調査を実施した。流況調査では、海底に ADCP (RD Instruments 社) を設置し、流速の鉛直分布を計測した。水質調査では、測点 B2, C3, D1 においては表層(海表面下 1 m)と中層(表層から 6 m)に、また測点 A3 においては表層(海表面下 1 m)と底層(海底面上 1 m)に機器を設置し、水温、塩分、濁度、DO、クロロフィル a を計測した。

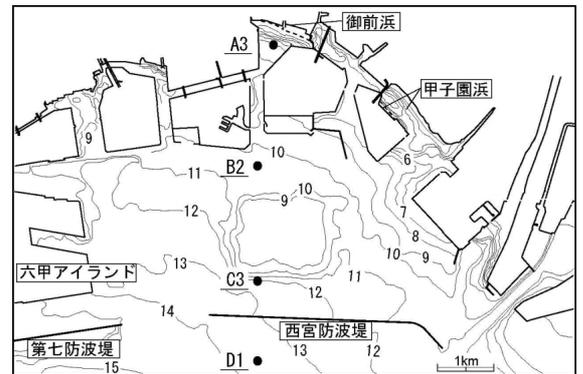


図-1 調査対象海域と調査地点

3. 観測結果および考察

2003 年は平年に比べて夏季の日照時間が非常に少ない冷夏の年であった。9 月上旬になりようやく晴天で気温が高く、南西風が卓越するという夏季の安定した気候が現れた。9 月 20 日～22 日にかけて、本州南岸を台風 15 号が中心風速 35m/s で通過し、神戸海洋気象台においても 9 月 21 日に最大瞬間風速約 15m/s が観測された。台風通過後も前線の影響で、北寄りの強風は続いており、この時期を過ぎると、残暑は残るものの、気圧配置などは秋季の代表的な状況となった。

尼崎西宮芦屋港における夏季の成層時における流動特性を把握するため、ADCP によって得られた流速データを用いて調和解析を行い、主要 4 分潮 (M_2 分潮, S_2 分潮, K_1 分潮, O_1 分潮) を求めた。調和解析に用いたのは 9 月 4 日～9 月 18 日までの約 15 日間のデータで、この期間は 13 日に台風 14 号の接近にともなう南風の連吹があったことを除けば、概ね夏季の安定した気候であった。図-2 に調和解析の結果の一部を示す。原点から伸びる矢印は期間中の平均流速を示している。潮流楕円の長軸長はいずれの測点においても 5.0cm/s 以下と小さい値を示している。港奥部の測点 A3 での長軸長はとくに小さく、いずれの分潮においても 1.0cm/s 程度となっている。また、各測点で分潮の成分を比較すると、すべての測点において K_1 分潮成分が卓越しており、とくに海面近くでの K_1 分潮の長軸が大きくなっていることがわかった。 K_1 分潮成分が大きい理由

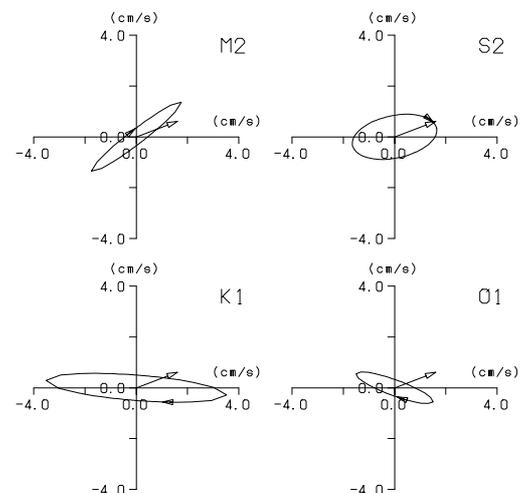


図-2 測点 B2 表層(海底面上 9.5 m)の潮流楕円

としては、海陸風によって引き起こされる吹送流が、周期のほぼ等しい K_1 分潮流(周期23.93時間)を増幅させた可能性が考えられる。図-3に神戸海洋気象台で観測された2003年9月の風のパワースペクトルを示す。風のパワースペクトルは24時間付近にピークが現れており、この時期に海陸風が卓越していたことが明らかである。海陸風は一般場の風速に比べてあまり強くなく、また、通常風が強い時や曇雨天の日には観測されないため、流動に与える影響は小さいが、尼崎西宮芦屋港のような非常に流動の小さい海域においてはその影響は無視できないものと考えられる。

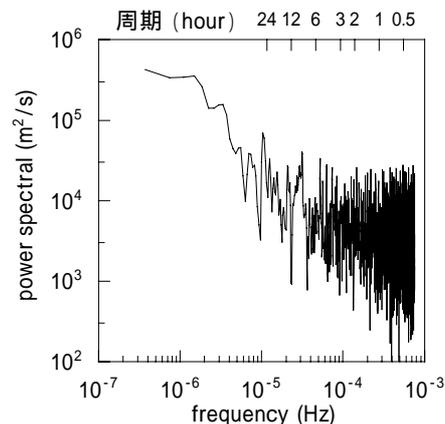


図-3 神戸海洋気象台における風のスペクトル密度(2003年9月)

次に、海陸風による風の日周期変動を取り除くために、風速に24時間移動平均をかけた結果を図-4の(a)に、連続観測により得られた各測点の水深1.0mおよび水深6.0mにおける密度の経時変化を図-4の(b)~(e)に示す。図-4の(b)~(e)を見ると観測期間中にはいずれの測点においても、水深1.0mと水深6.0mの密度差は時間経過とともに小さくなっており、この時期に密度成層が衰退していたことがわかる。この密度成層の衰退は主に表層密度のステップ状の増加によって進行し、その様子は港奥部になるほど顕著に現れている。

図-4において風速と表層密度の経時変化を比較すると、風速に北向き(離岸風)の成分が現れている時に、表層の密度において急激な増加が見られることがわかった。そして、表層密度の増加は沿岸部でより顕著に表れていることから、表層密度のステップ状の増加は密度の小さい表層水が沖に流され、密度の大きい底層水が湧昇したために起こったと考えられる。一般に海陸風は海風(海から陸への風)が強いといわれており、尼崎西宮芦屋港においても夏季においては南西風(海風)が卓越している。この南西風により、夏季の安定した気候時の沿岸域での密度構造は、密度の小さい表層水が沿岸部に吹き寄せられた状態で安定しているものと考えられる。そのために、気象や季節の変化によって風向きが変わると、小規模な湧昇が起こりやすく、表層密度の急激な上昇がたびたび表れたものと考えられる。

成層化した閉鎖性の強い海域では、風が流動に与える影響が大きい。一般的に、秋季におこる密度成層の衰退は、気温の低下にともなって表層の水温が下がることにより起こるとされている。しかし、今回の現地観測によって、北風に起因する流動の変化が、密度成層を弱める一因であることが明らかになった。

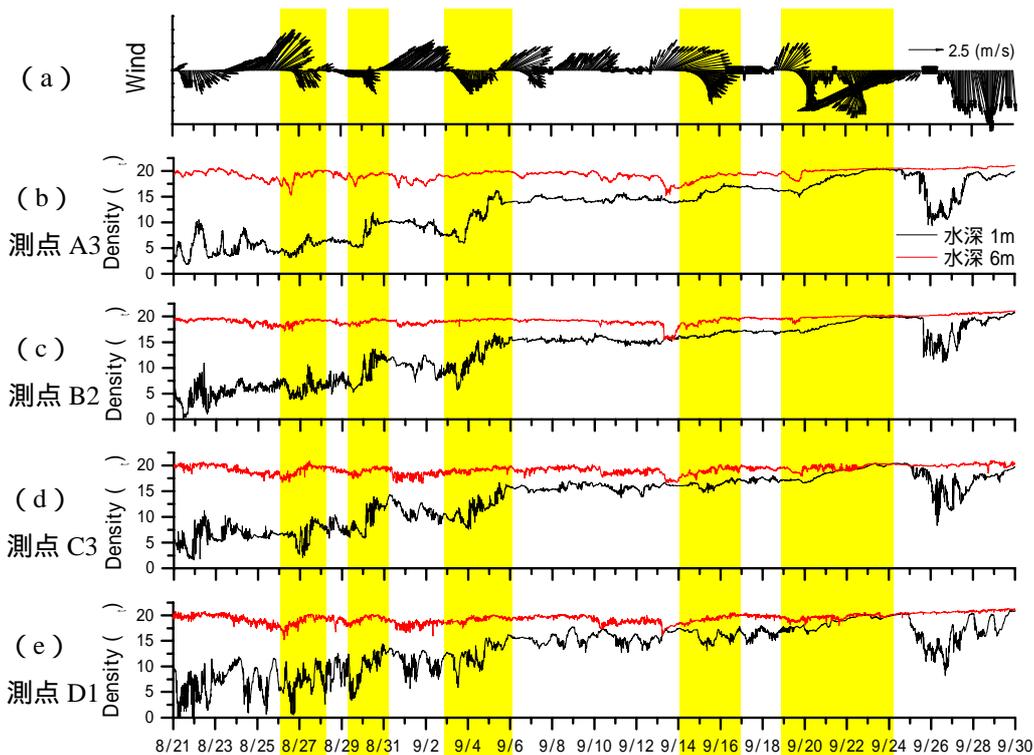


図-4 風と各測点の密度の経時変化