

# ADCP による明石海峡潮流観測 —兵庫県南部地震による突発的負荷変動が大阪湾環境に 与える影響に関する研究—

佐藤 敏, 熊谷 武 : 海洋研究室

斉藤茂幸, 工藤宏之 : 沿岸調査課

島村国雅, 古河泰典 : 五管水路部

## ADCP Measurements of Tidal Currents in the Akasi Strait

### —Studies on the Effect of a Sudden Increase in Nutrient Load on the Osaka Bay Marine Environment, Resulted from the Damage by the Great Hanshin-Awaji Earthquake—

Satoshi Sato, Takeshi Kumagai : Ocean Reseach Laboratory

Shigeyuki Saito, Hiroyuki Kudo : Coastal Survey and Cartography Division

Kunimasa Shimamura, Yasunori Furukawa : Hydrographic Department,

the 5th Regional Maritime Safety Headquarter

#### 1. はじめに

兵庫県南部地震により、阪神地区の下水、排水処理施設が大きな損傷を受けたため、未処理水、各種廃棄物などによる流入汚濁負荷が増加し、大阪湾の水質の悪化が懸念された。海上保安庁水路部では、このような汚濁物質の拡がりや突発的負荷変動により引き起こされる生態系の変動等に大きな影響を与える流れの場を明らかにすることとした。

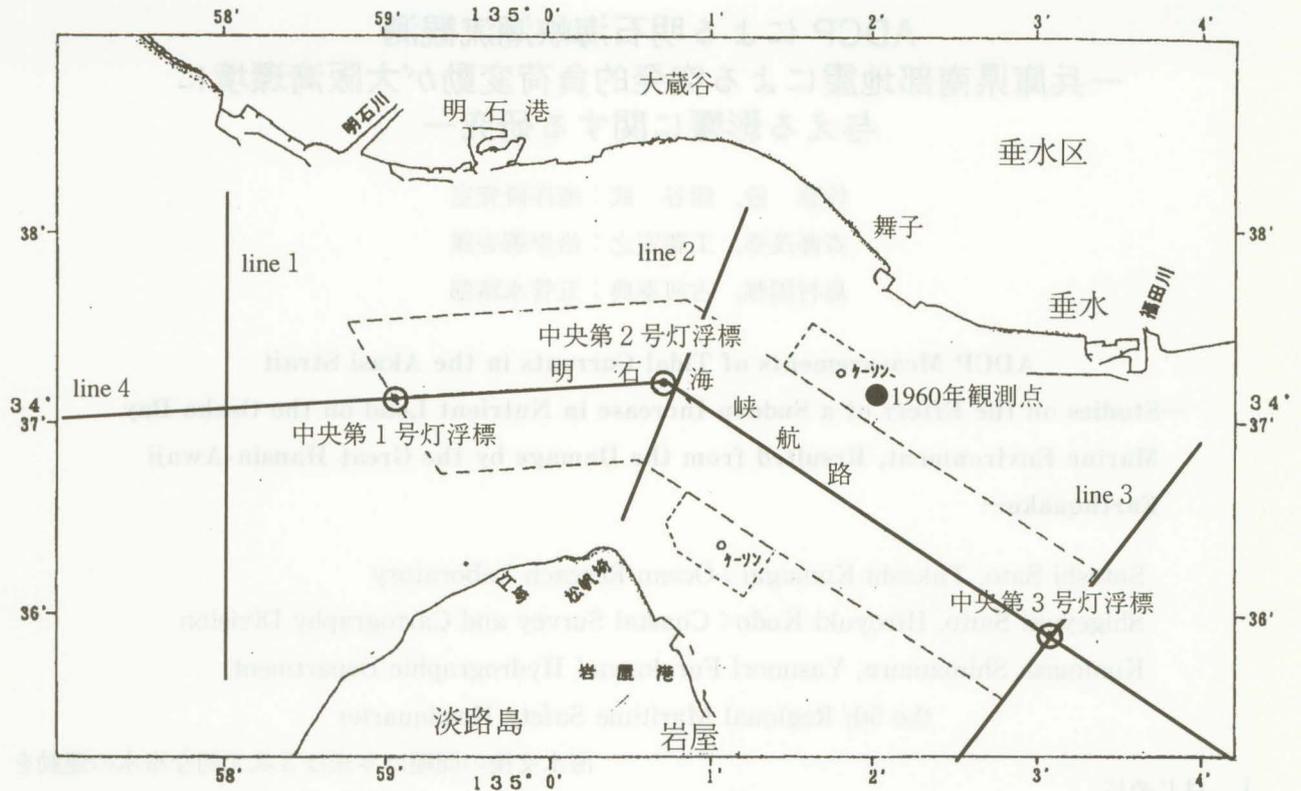
大阪湾は明石海峡と友ヶ島水道の二つの海峡により、それぞれ播磨灘と紀伊水道につながっており、この二つの海峡による海水交流が大阪湾の水質に影響を与えていることことから、本研究では、初年度である平成8年度に明石海峡を対象として観測を実施し、2年度目の平成9年度には友ヶ島水道を対象として海水交換に係る観測を実施することにした。

海上保安庁水路部では、明石海峡において1960年に実施した15昼夜の潮流観測（第六管区海上保安本部、1961）をはじめとして、航行安全情報の提供のため、数度の長期間の潮流観測を実施している。特に1978年から1979年にかけては、明石海峡航路中央第2号灯浮標において1年間の連続観測を実施している。しかし、それらの観測は一部を除いて海面下5mないしは10mの1層に限られたものである。

海水交換の問題は本来は3次元的な海水の運動を考慮して検討しなければならない問題であるが、明石海峡の潮流は非常に強い流れであるので、鉛直的にはほぼ一様な構造になっていると考えられることや、鉛直構造を調べるための観測を実施することが困難であったことから、これまでは流れの鉛直分布はあまり考慮されなかった。本研究においては、これまでの明石海峡において、あまり考慮されなかった潮流の鉛直分布を明らかにすることを目的として、観測を実施することとした。

#### 2. 平成8年度の観測

上に述べたように、平成8年度は明石海峡の潮流の鉛直構造の把握を主眼とした観測を実施することとした。このため、第1図に示す明石海峡航路中央第2号灯浮標及び同航路の大阪湾側の第3号灯浮標にドーナツ型の海面ブイ（写真1）を係留し、そのブイの中心にADCP（周波数300kHz：R.D.Instrument社製）を設置して、ADCPから下方に音波を送波することにより、海面から海底近くまでの潮流を観測することにした。1996年9月26日にADCPを設置し、第3号灯浮標では10月13日に回収し、第2号灯浮標では翌14日に回収した。第3号灯浮標では、ADCPを設置した海面ブイ下5mに、音波を水平の



第1図 測点及び測線図。

4方向に送波することによって設置層の流速を測定する流速計(Aanderaa社製)を設置し、同時に潮流観測を行った。

このADCP設置期間中に、第五管区海上保安本部の測量船「うずしお」が第1図に示す各観測線を往復し、船舶搭載のADCP(周波数125kHz:日本無線社製)により、潮流及び水温塩分の断面分布を調べた。また、兵庫県立公害研究所により、ADCP設置期間中の9月27日に明石海峡において、水温塩分、DO、TN等の観測が実施された。

さらに、1996年12月16日から20日も明石海峡航路中央第2号灯浮標及び同第3号灯浮標でのADCP設置と「うずしお」によるADCP観測と水温塩分の断面分布の観測を実施した。

### 3. 平成8年度の観測結果

第2図に、10月5日の明石海峡航路に沿うline 4(第1図)における断面の水温と塩分の分布を示した。この観測は小潮の10月5日の午前中の転流時に近いころに実施されたので、潮流はあまり強くないが、それにもかかわらず海峡内では、水温塩分とも

に鉛直には一様になっており、海峡内では流れが弱い時間でも鉛直によく混合されていると考えられる。播磨灘側と大阪湾側を比較すると、播磨灘側が大阪湾側に比べると低温低塩となっている。また、播磨灘、大阪湾とも既に夏季の成層は解消され、上層に低温低塩分水が存在し、下層に高温高塩分水が存在する傾向が見られる。同様に12月18日も明石海峡航路に沿うline 4における断面の水温と塩分の観測を実施したが、10月5日と同様に明石海峡内では鉛直に水温塩分とも一様になっており、大阪湾と播磨灘側では下層に高塩分水の存在が認められた。

この水温塩分の観測は、明石海峡を横断するline 1~3(第1図)においても実施しているが、いずれの断面においても断面内においてほぼ一様であった。

次に第2号灯浮標におけるADCPにおける観測結果を第3図に示す。第2号灯浮標における流れが卓越する295度の方向を正として、9月27日から10月12日までのADCPの観測による海面下20m層の流れの観測値と1995年の観測(第五管区海上保安本部、

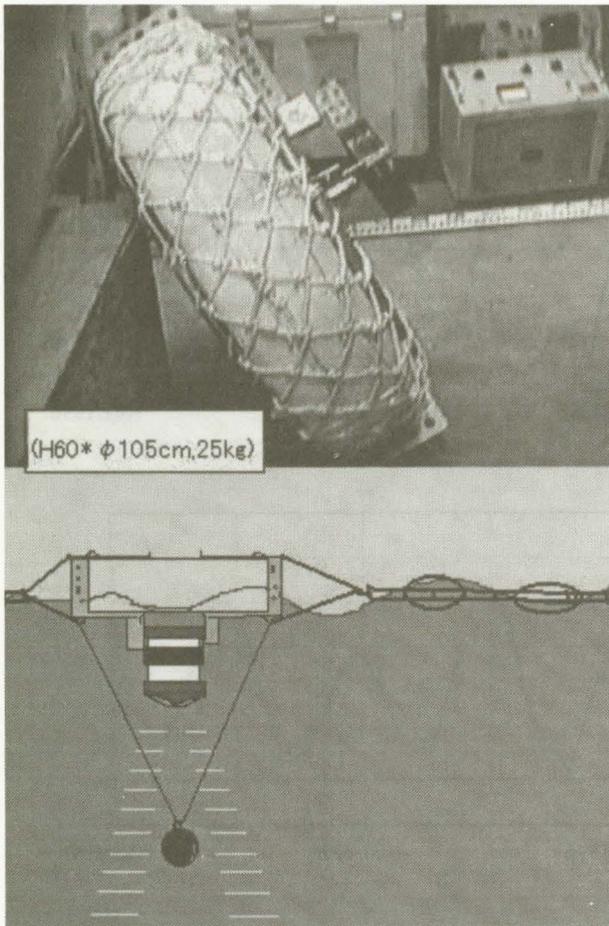
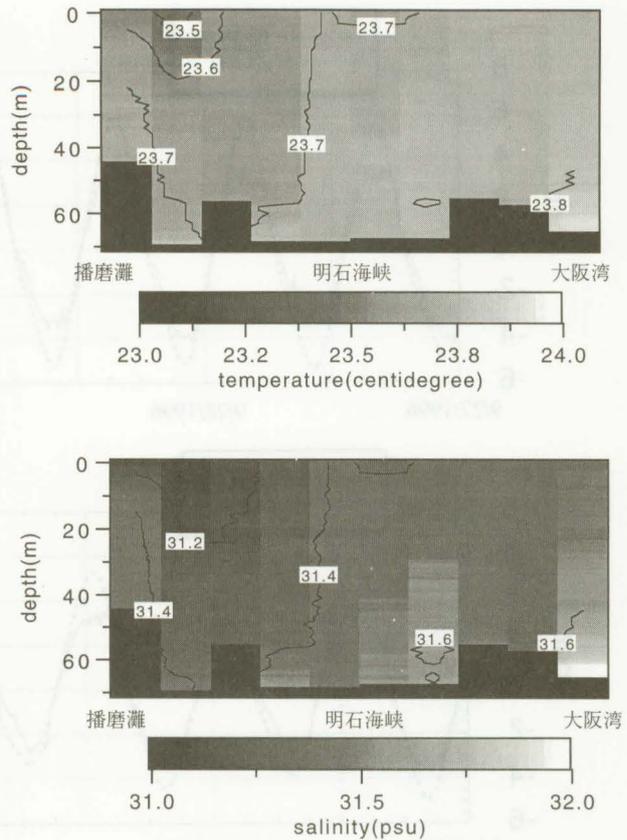


写真1 ADCP 設置用ドーナツ型ブイ (上段) とその設置状況模式図 (下段)。

1996)による調和定数に基づく推算値を示している。一見して明らかのように、流れの弱いときには観測値と推算値はよく一致するが、流れが強くなると ADCP の観測値のカーブは頭が押さえられ、平坦なピークを示している。ADCP では層厚 1 m で海面下 3 m 付近から 75 層の流れを観測したが、このような傾向は 20 m よりも浅い層や深い層ではなお顕著に見られる。つまり、ADCP の観測では流れの強い時には、正確な計測が行われていないということである。第 3 号灯浮標における観測値も同様に、観測値のカーブは平坦なピークを持つ。流れの強いときに正確に計測できない原因は、泡であると考えられる。観測では ADCP をドーナツ状の海面ブイの中心に取り付け、その海面ブイを大きな航路標識ブイに係留して流向流速の測定を行った。流れが強くなると、この航路標識ブイの下流には、あたかも船の航跡のような泡の帯が、ブイに流れがぶつかることによ



第2図 line 4 における10月5日の水温塩分の分布。

て形成される。したがって、航路標識ブイの下流にある ADCP は多量の泡の中で音波の送受信を行うことになる。このため、音波の水泡による散乱等により、ADCP の観測では、流れが強くなると正確な計測が実施できなかったと考えられる。第 3 号灯浮標には、ADCP 下 5 m にこれも音波で流れを測定する流速計を設置した。このデータの時系列には平坦なピークは見られないが、観測値を調和分解して得られた M 2 潮流の長軸成分 (第 1 表) を見ると既存データの調和分解結果に比較して振幅はかなり小さ

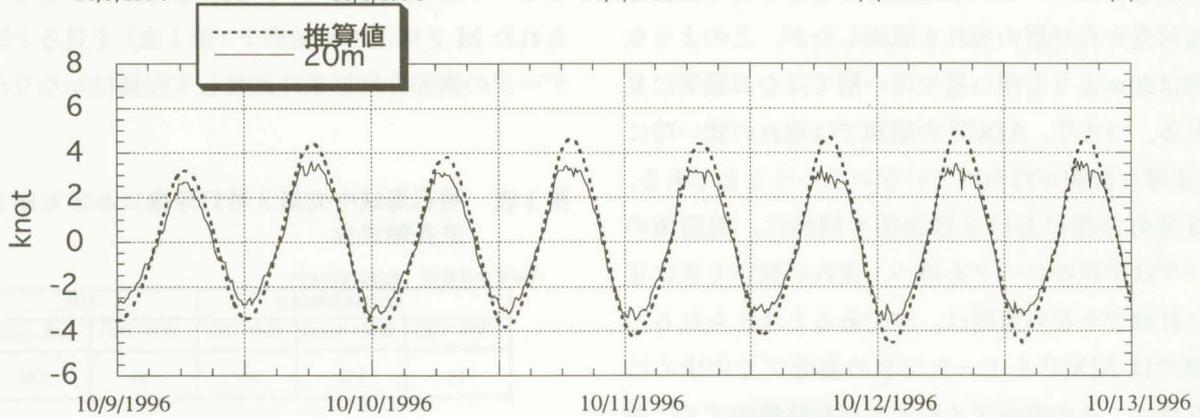
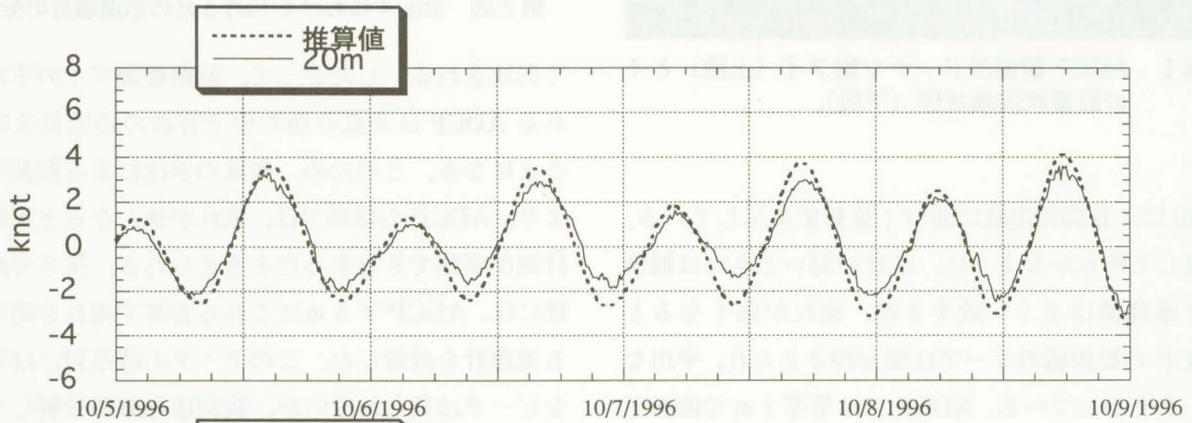
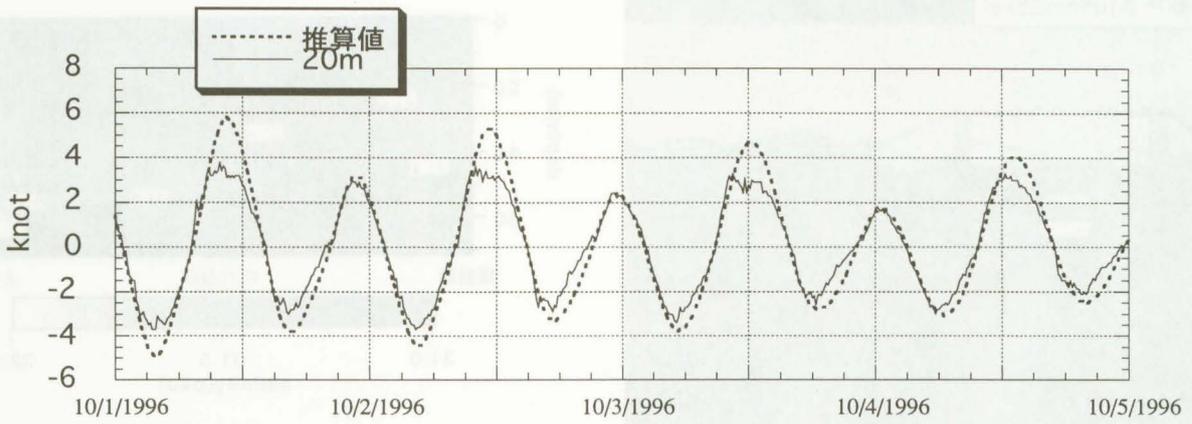
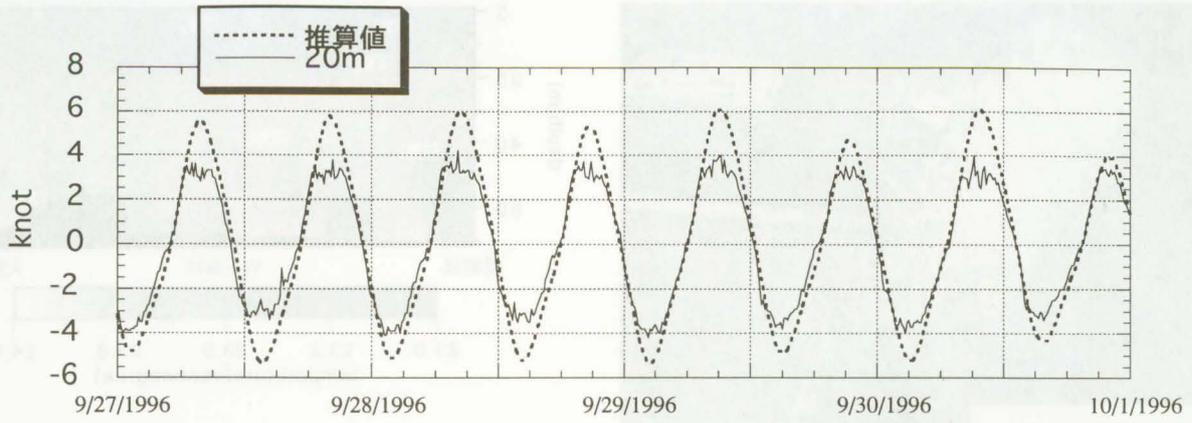
第1表 明石海峡中央第3号灯浮標におけるM2潮流長軸成分

1996年10月観測 (流速計RCM-9)

M2潮流長軸成分			恒流	
方向 (度)	振幅 (knot)	遅角 (度)	方向 (度)	流速 (knot)
317	2.52	249	89	0.56

1995年9月観測 (流速計MTC:協和商工製)

M2潮流長軸成分			恒流	
方向 (度)	振幅 (knot)	遅角 (度)	方向 (度)	流速 (knot)
317	3.07	247	96	0.87



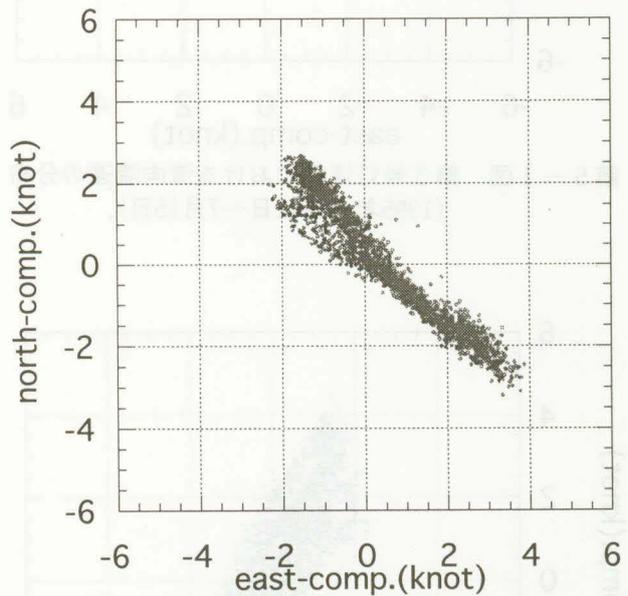
第3図 明石海峡中央第2号灯浮標における流れのADCPによる観測値と1995年の観測に基づく推算値  
 実線：ADCPによる海面下20m層の観測値，破線：推算値，295度方向を正とする。

なものとなっていることから、このデータも ADCP と同様に流れの強いときには正確に計測できなかったものと考えられる。

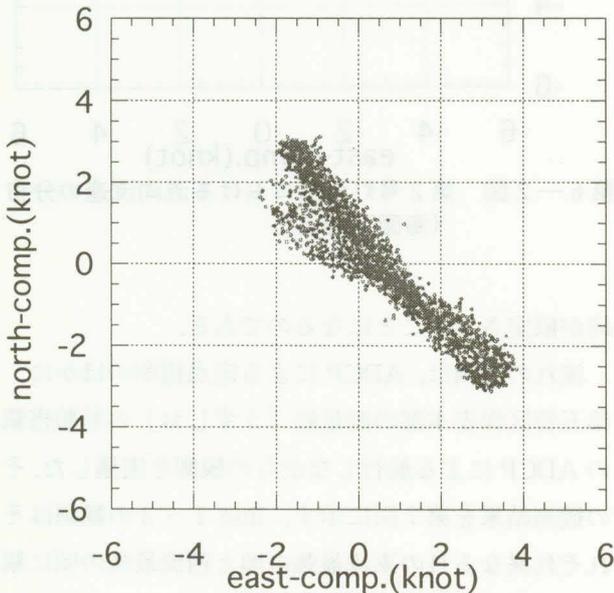
以上のように、ADCP 及び第 3 号灯浮標に設置した流速計では流れの強いときに航路標識ブイにより生じる泡のために、流速の正確な計測はできなかったが、流れの弱い時の観測値や流れが強いときでも流向についてはかなり正確であると考えられるので、それらの情報から流れの鉛直構造について調べることとする。第 4-1~3 図は、第 3 号灯浮標に設置した流速計（設置層：海面下 5 m）と ADCP の海面下 20 m 及び 40 m 層の 10 分間隔のデータをプロットしたものである。いずれの図にも、第 5 図に示した第 3 号灯浮標での過去の観測の図に比較して、泡の影響で最強流速が小さくなっている特徴が見られるが、3 つの図を比較すると、海面下 40 m の流向流速の分布はほぼ一直線であるのに対して、海面下 5 m 層の分布は、特に西流時に、その分布が拡がりを持ち、図 4 の分布と同様に、流れが強くなると流向が北の方にずれる傾向が見られる。したがって、流速が強くなると流向が反るようになるのは、表面付近に限られるということである。一方、流れの鉛直の位相差についてはほとんどなく、1960 年の観測結果と一致する。第 6-1 図及び第 6-2 図には、第

2 号灯浮標の ADCP による海面下 20 m 層と 50 m 層の流れの観測値の分布を示す。こちらはあまり明瞭ではないが、第 3 号灯浮標と同様に、浅い観測層よりも深い観測層の方が、流れの観測値の分布が一直線上に並ぶ傾向が見られる。

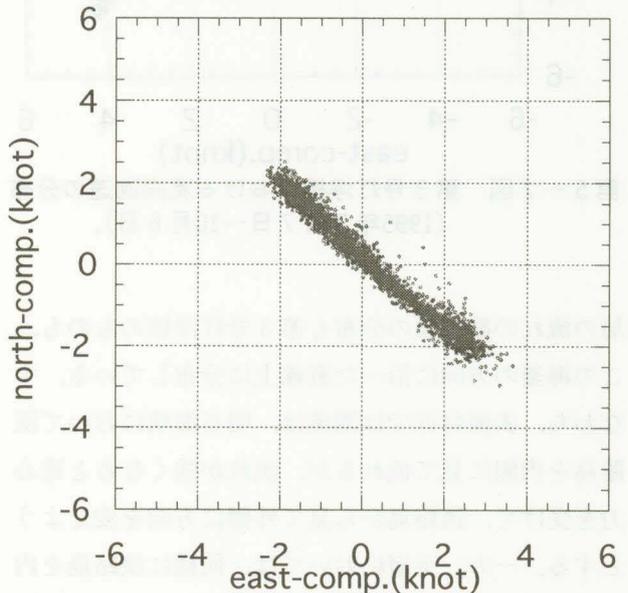
このような上層と下層の流向のずれは何故発生するのであろうか。明石海峡では海峡に沿って細長い帯状の海釜が見られるが、第 2 号灯浮標における下



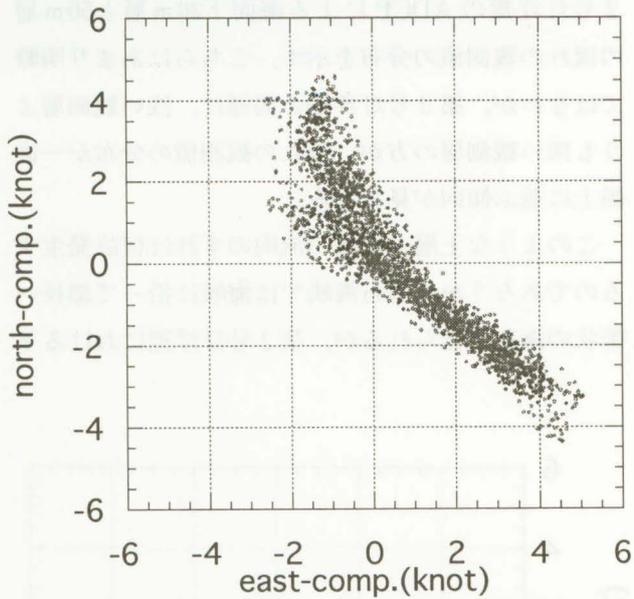
第 4-2 図 第 3 号灯浮標における流向流速の分布 (海面下 20 m)。



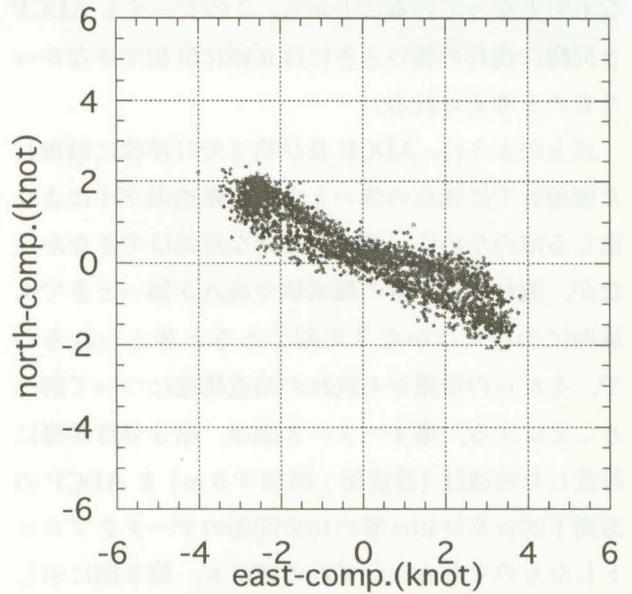
第 4-1 図 第 3 号灯浮標における流向流速の分布 (海面下 5 m)。



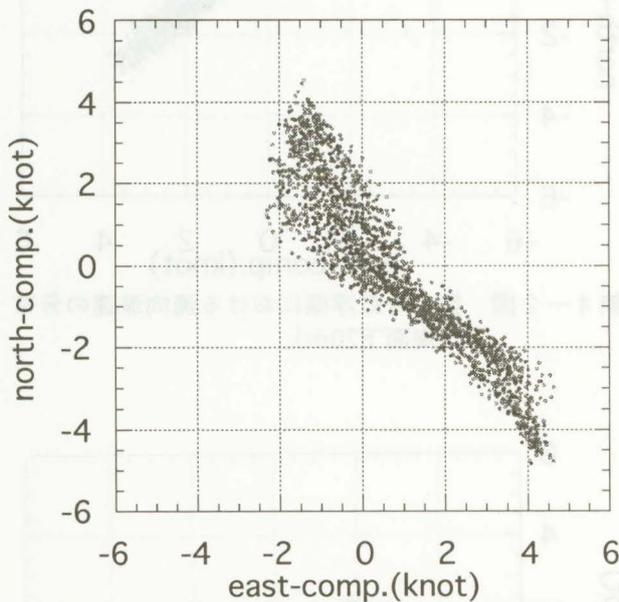
第 4-3 図 第 3 号灯浮標における流向流速の分布 (海面下 40 m)。



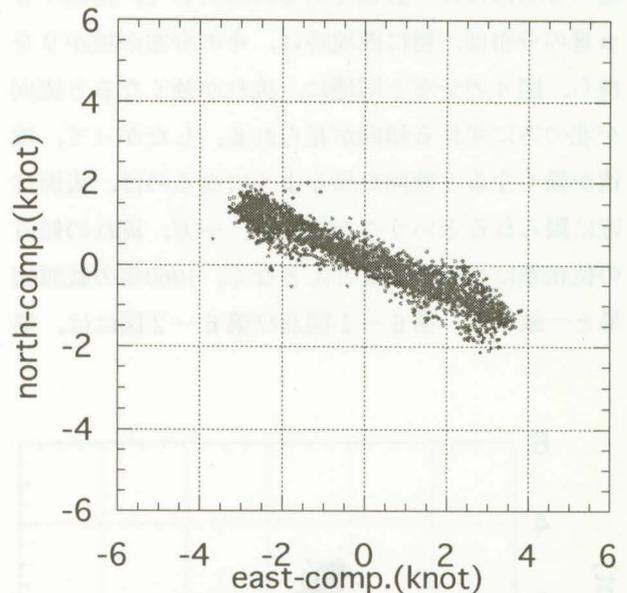
第5-1図 第3号灯浮標における流向流速の分布 (1995年6月12日~7月15日).



第6-1図 第2号灯浮標における流向流速の分布 (海面下20m).



第5-2図 第3号灯浮標における流向流速の分布 (1995年9月7日~10月6日).

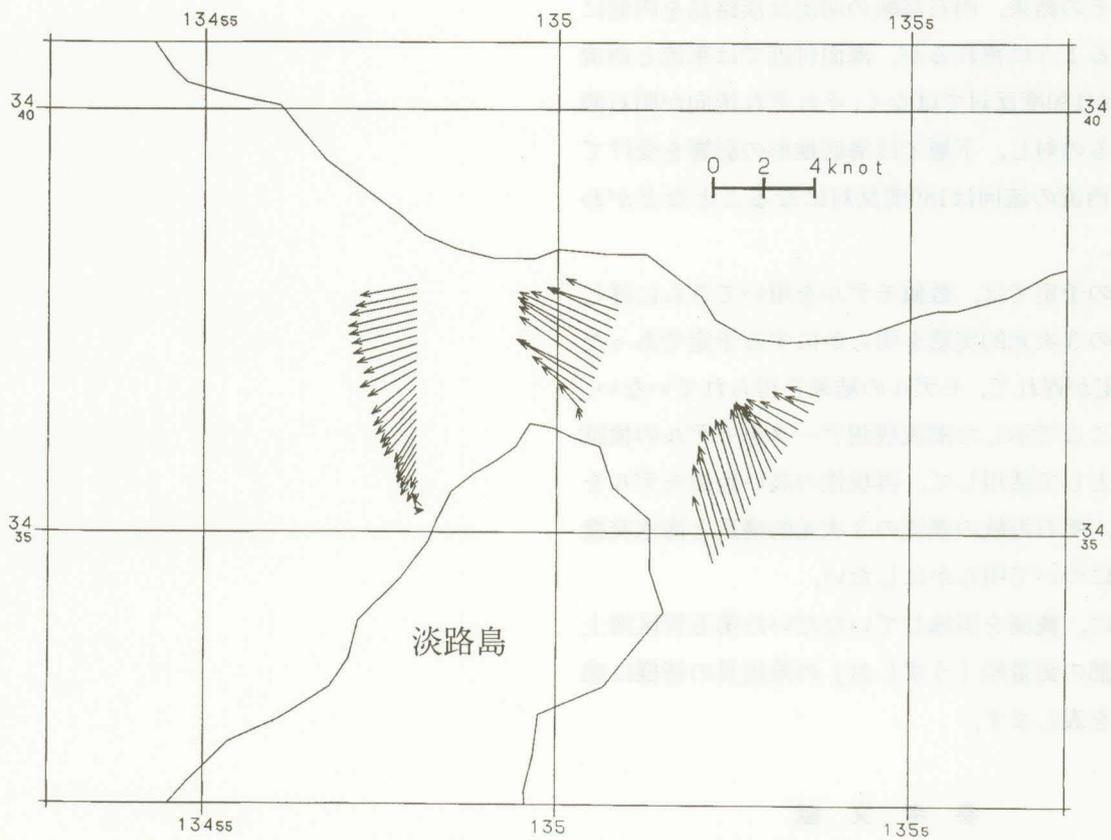
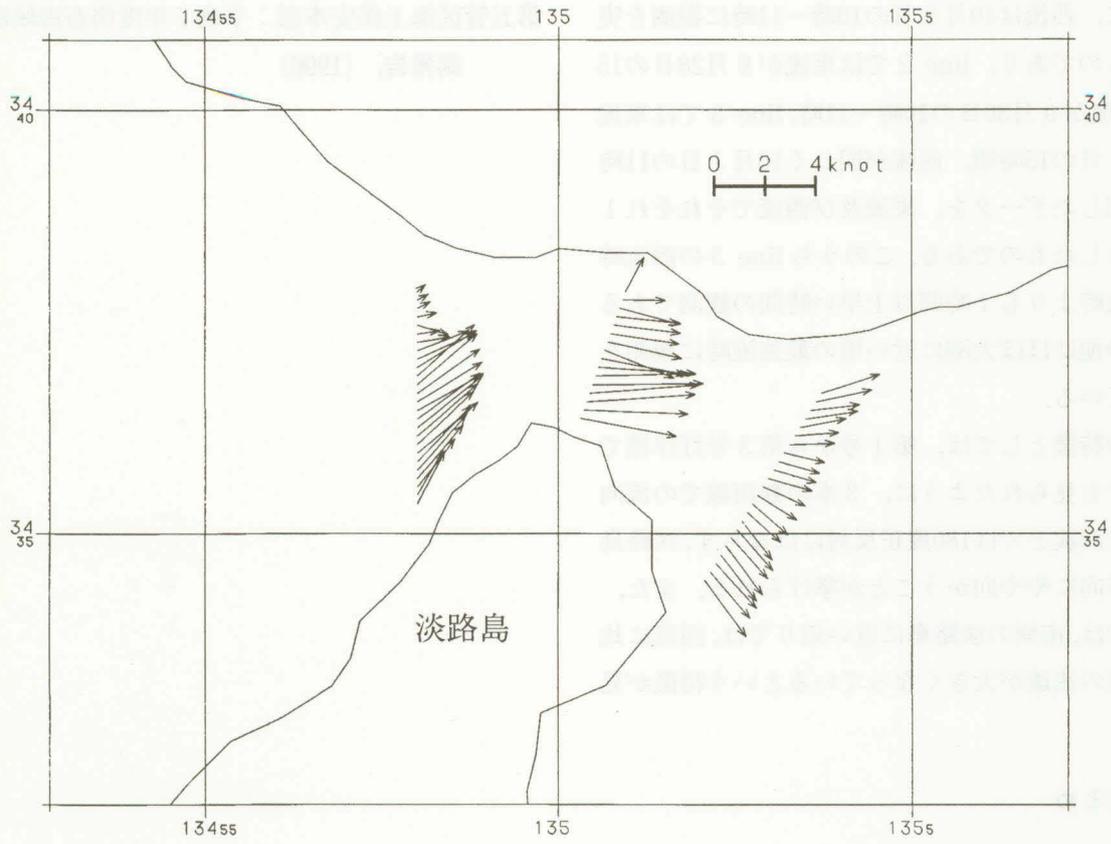


第6-2図 第2号灯浮標における流向流速の分布 (海面下50m).

層の流れの観測値の分布も第3号灯浮標のものも、この海釜の方向に沿った直線上に分布している。すなわち、表面付近では潮流は、明石海峡において淡路島を内側に見て流れるが、流れが強くなると遠心力を受けて、淡路島から見て外側に方向を変えようとする。一方、下層においては、同様に淡路島を内側に見て流れるのであるが、流れが強くなっても、海底地形の影響を受けて海釜が延びる方向にのみ流

向が限定されることになるのである。

流れの観測は、ADCPによる定点観測のほかに、第五管区保安本部の測量船「うずしお」の船舶搭載のADCPによる航行しながらの観測を実施した。その観測結果を第7図に示す。line 1~3の観測はそれぞれ異なる日の東流最強の頃と西流最強の頃に観測を実施しており、それをまとめて1枚の図にしている。具体的には、line 1では東流は9月29日の15時



第7図 上段：東流最強の頃の明石海峡の潮流の水平分布。  
下段：西流最強の頃の明石海峡の潮流の水平分布。

～16時に、西流は10月2日の10時～11時に観測を実施したものであり、line 2では東流が9月28日の15時頃、西流が9月30日の10時～11時、line 3では東流が10月1日の15時頃、西流が同じく10月1日の11時頃に観測したデータを、東流及び西流でそれぞれ1枚の図にしたものである。このうちline 3の西流時が最強流時よりも1時間以上早い時間の観測であるが、その他はほぼ大潮に近い頃の最強流時に観測を実施している。

流れの特徴としては、第1号から第3号灯浮標での観測でも見られたように、3本の観測線での流向は東流と西流とでは180度正反対にはならず、淡路島の反対方向にやや向かうことが挙げられる。また、line 2では、南側の淡路島に近い辺りでは、西流に比べて東流の流速が大きくなっているという特徴が見られる。

#### 4. まとめ

平成8年度の観測からは、海峡の横断面での観測により潮流の水平及び鉛直分布を把握することができた。その結果、明石海峡の潮流は淡路島を内側にして回るように流れるが、海面付近では東流と西流の流向が180度反対ではなく、それぞれ流向が明石側に反れるの対し、下層では海底地形の影響を受けて東流と西流の流向は180度反対になることなどがわかった。

当初の予定では、数値モデルを用いてさらに詳しく潮流の3次元の実態を明らかにする予定であったが、予定が遅れて、モデルの結果を得られていない。今後、ここで示した潮流観測データをモデルの検証データとして活用して、再現性の高い数値モデルを開発し、明石海峡の潮流の3次元の構造と海水交換の実態について明らかにしたい。

最後に、観測を実施していただいた第五管区海上保安本部の測量船「うずしお」の乗組員の皆様に感謝の意を表します。

#### 参 考 文 献

第六管区海上保安本部：昭和35年度本州四国連絡架橋調査潮流観測報告，(1961)

第五管区海上保安本部：平成7年度明石海峡潮流観測報告，(1996)