

石狩湾海域における広域の流動・水温変動特性

王 毅* ・隅江純也**・山崎真一***
足立久美子****・山下俊彦*****

開放性の強い石狩湾全体の流動・水温変動特性及び風との影響を明らかにするために連続観測を実施した。夏季に深海域で対馬暖流の影響で 15 日～20 日周期の海流成分が卓越しており、この成分は水深 200 m まで影響している。また、約 16 時間程度の慣性周期流が水深 100 m～300 m までの範囲内に存在している。夏期の風及び海流による湾全体の流動特性と水温変動特性を把握した。夏期浅海域の流れは風の影響が強く、陸風ではエクマン効果で湾西側に、海風では湾東側に湧昇流が発生することがわかった。冬期では、風速が強いにもかかわらず湾内の流速は比較的小さいことがわかった。

1. はじめに

石狩湾は比較的開放性の強い湾で、水深 120 m までは約 1/500 の緩勾配の広大な砂浜海域が広がり、その沖は約 1/30 の急勾配で水深 700 m まで深くなっている(図-1)。石狩湾口では水深 150 m 以深に比較的高い栄養塩の水塊が存在し、石狩湾の砂浜海域への主な栄養塩供給の要因としては、石狩川流出水(洪水期)の他に深い水深帯の水塊の湧昇(夏期)と鉛直混合(冬期)がある。また、基礎生産等沿岸環境を検討する上では、流動による物質の海域滞留特性を把握することが重要であるが、開放性沿岸域の流動特性は不明な点が多いのが現状である。秋期の石狩湾水質特性については、王ら(2003)と瀬戸ら(2000)が報告している。そこで本研究では、石狩湾全体を対象として、夏期と冬期に流動、水温の連続観測を実施し、流動・水温の変動特性を把握し、アメダス地点の陸上風や気象庁の推算海上風との関係を明らかにする。

2. 現地観測の方法

図-1 に示す st 1 (水深 700 m) において、2003 年 6 月 9 日～7 月 12 日、8 月 12 日～8 月 31 日の期間、ADCP による 10 m 毎の流速観測(水深 350 m 地点に上向きに吊り上げ固定)を実施した。st 2 (水深 44 m) において、2003 年 6 月 1 日～8 月 31 日の期間、ADCP による 1 m 毎の流速測定と 8 水深における水温の連続観測を実施した。st 3 (水深 40 m) において、2003 年 6 月 18 日～8 月 31 日の期間、ADCP による 5 m 毎の流速測定と 8 水深における水温の連続観測を実施した。また st 2 では 2002 年 10～11 月の初冬に、ADCP による多層流速と 8 水深での水温の連続観測を実施した。陸上風としては図-1 に示すアメダスの 5 地点(図中★印)のデータ、海上風とし

L-L'断面図

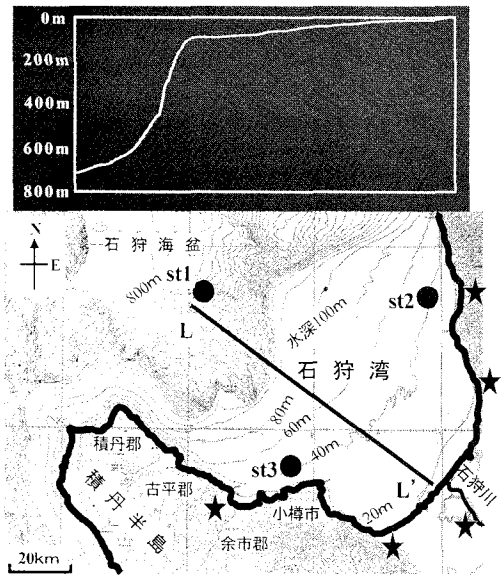


図-1 観測地点

ては気象庁で予測したメソ客観解析データ(10 km メッシュ)を用いた。

3. 流速の時間変動特性

図-2 に 2003 年初夏(6 月 10 日～7 月 12 日)の湾口 st 1 における各水深の流速データを示す。st 1 での流れは上層では 15 日～20 日周期の海流成分(対馬暖流)が卓越しており、この影響は水深 200 m 程度までである。下層(水深 300 m)では、図-3 に示す南北方向流速スペクトルをみてわかるように約 16 時間の慣性周期流が卓越している。この慣性周期流は上層(水深 100 m)にも存在し、流速振幅は下層より少し大きいことがわかる。海流成分は南北流が卓越し、これは対馬暖流が積丹半島で剝離して時計回りの渦ができる時には北流、暖流は積丹半島の東側に沿って南下する時には南流になるためと考えられる。

図-4 に上から夏期(2003 年 6 月、石狩)の風速、st 2

* 工修 北王コンサルタント(株)
** 工修 北電総合設計(株)
*** 正会員 (独法)北海道開発土木研究所
**** 正会員 (独法)北海道開発土木研究所
***** 正会員 工博 北海道大学助教授 大学院工学研究科環境資源工学専攻

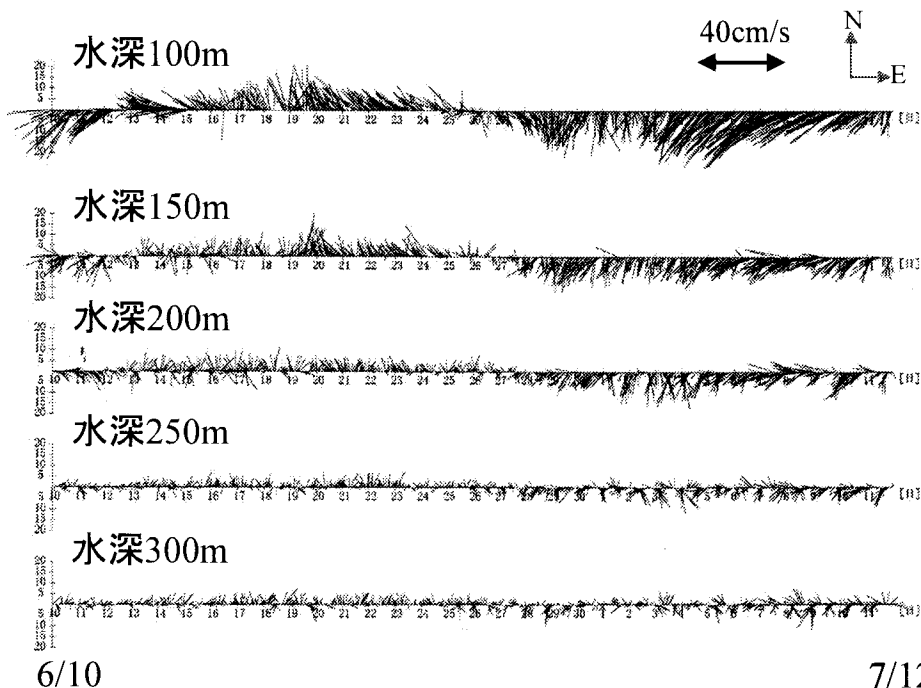


図-2 st 1 ADCP 流速データ

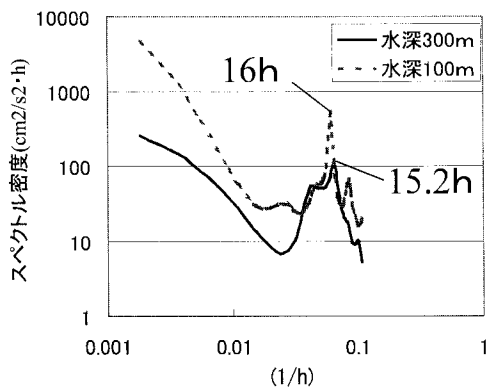


図-3 st 1 流速スペクトル (南北方向)

の3層の流速データを示す。図-2の15日程度の海流の変動がst 2へも影響し、数日程度の風の変動に伴う吹送流がかわった流れになっていることがわかる。6月9日、17日、25日ごろの陸風である南東風の場合には、南流を現れ、6月4日、22日ごろの北西風の場合には北流を強めることが多いことがわかる。また、3層の流速変動はほぼ同じ変化をしていることもわかる。また1日未満の周期の流れが見られるが、これは湾口域で慣性周期流の影響と考えられる。

図-5に上から冬期(2002年11月、石狩)の風速、st 2の上層、中層の流速データを示す。2層の流れはほぼ同

じ変動を示し、全体的には北流が卓越することがわかる。11月3日、9日、27日ごろの北西～西の季節風が強い時に北流が強くなることがわかる。15日、25日ごろの南西～南東の陸風の場合は南流となっている、このパターンは夏期と同様である。ただし、28日の様に北よりの海風の場合にはst 2の流れは南流になることがわかる。夏期と同様に短い周期の流れが見られるが、冬期の方が風速が強いにもかかわらず夏期の方が流速が強かった。これは夏期は成層が発達し海流も強い事が要因と考えられる。

図-6にst 2において冬期(2002年11月)、夏期(2003年6月)の流速スペクトルを示す。夏期には4日程度の周期の流れが卓越し、冬期は4日以上周期の流れが卓越していることがわかる。夏期と冬期共に17時間程度の周期の流れが卓越しており、これは前述していた湾口域の慣性周期流の影響と考えられる。

図-7に石狩の2003年6月の風速スペクトルを示す。E方向とN方向共に4日程度の周期の風速が卓越しており、これは流速のスペクトルとの一致性を見られる。また、E方向には12時間と24時間のピークが見られ、12時間については海陸風の影響と考えられる。

4. 流動の空間変動特性

図-8に上から6月～8月の石狩での風速、st 1の水深100m層、st 2の中層、st 3の中層での流速を示す。た

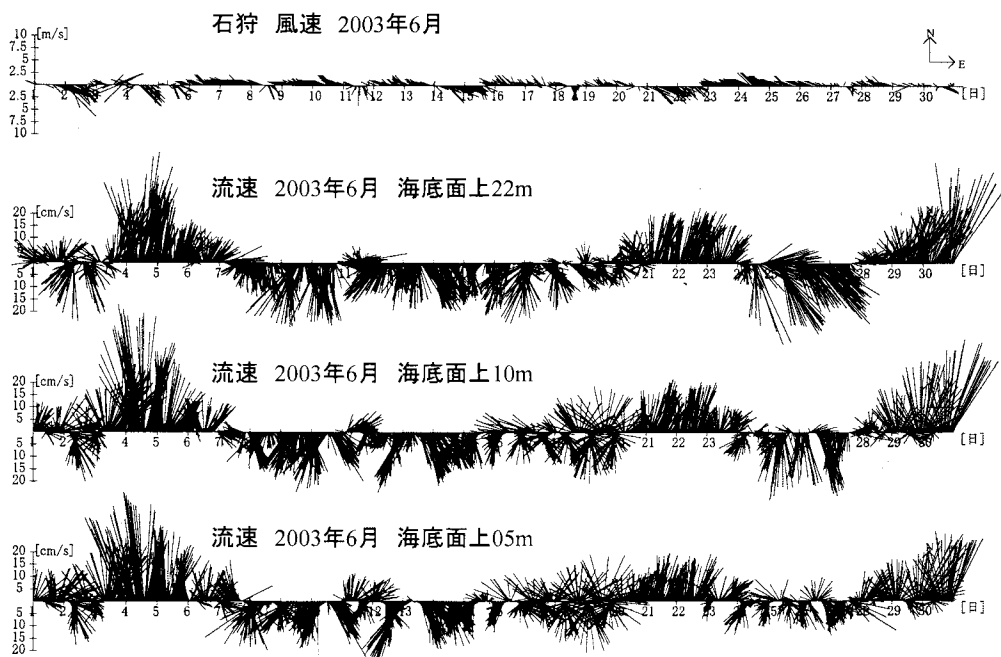


図-4 夏期石狩風速・st 2 流速データ (2003 年 6 月)

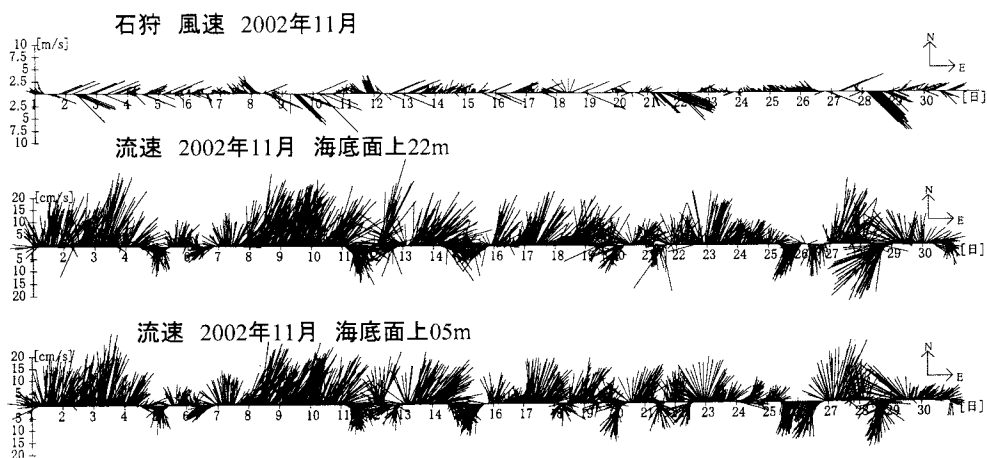


図-5 冬期石狩風速・st 2 流速データ (2002 年 11 月)

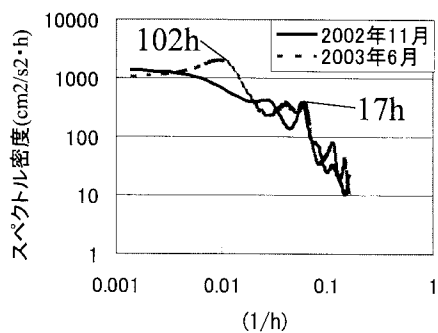


図-6 st 2 (海底面上 20 m) 流速スペクトル

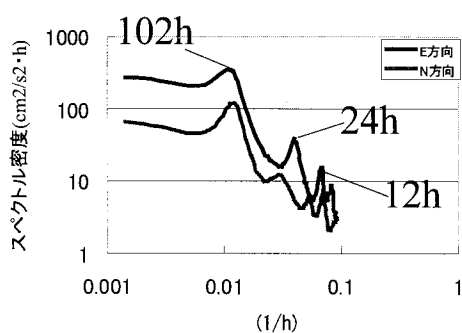


図-7 石狩風速スペクトル

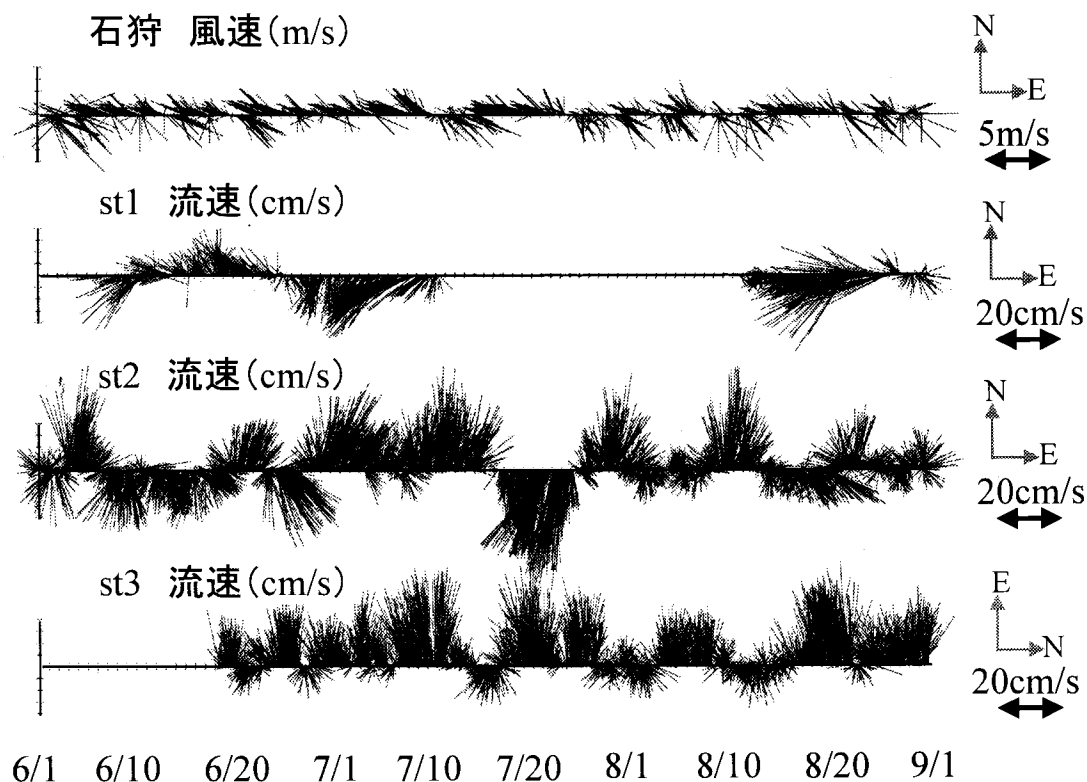


図-8 風速・流動データ

だし、st 2 では東西方向の流れが卓越しているため、N 軸と E 軸を入れ替えて表示している。st 1 の流速変動は前述の様に 15~20 日周期の変動が卓越していて風の影響はあまり見られない。一方、st 2、st 3 の流速変動は風による影響が強く、数日程度の変動周期が卓越し、st 2 と st 3 でほぼ同時期に流れが変化することがわかる。6/24、7/20、8/19 等南東風が強い時期では図-9(b)に示す吹送流の流動パターンが発生している。図-9(a)に示すように南東風は石狩平野を吹き抜けるように吹いてくるため、湾中央の風速が強く、山地の風下の風速は弱く、図-9(b)の流れが発生しやすい。風の空間分布は冬期に頻発する西風の場合の積丹半島の遮蔽効果も重要である。6/21、7/29、8/11 等強い北西風時に図-9(c)に示す流動パターンが発生している。6/29~7/10 の様に st 1 で流れが南西方向に強い時に図-9(d)に示す流動パターンが発生している。これは st 1 での強い海流が湾内に流入して、石狩湾全体に反時計回りの流れを発生させるためである。

5. 水温変動特性

図-10 に st 2、3 の 6 月~8 月の水温の等温線図を示す。図-10 を見ると、st 2、3 とも水温は短い周期(16 日

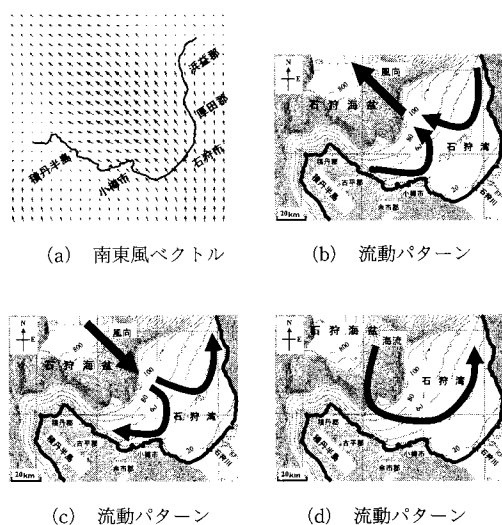


図-9 風分布と流動パターン

るいは 24 時間)の変動をしている以外に時々大きな水温低下を起こし、最大 30 m 程度もの湧昇が発生している。st 2 の水温低下時期は 6/21、7/29、8/11 等であるが、これらはすべて図-9(c)に示した流動パターンの時である。コリオリ力によるエクマン輸送により、北西風に対

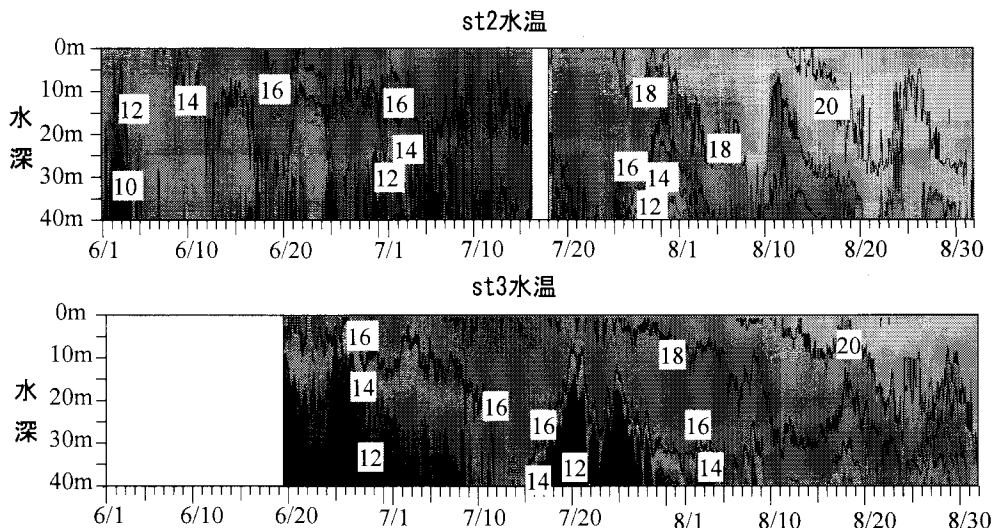


図-10 st 2, st 3 における等温線図 (下から 2°C 毎)

しては湾東側で湧昇が発生することがわかる。st 3 での水温低下時期の 6/24, 7/16, 8/17 等では、図-9(b) パターンの時であり、エクマン輸送により、南東風に対しては湾西側で湧昇が発生することがわかる。st 2 と st 3 の低水温水塊の湧昇は st 3 の方が強かった。これは st 3 の方が水深 100 m 以深の急勾配な海底地形に近いことと、st 2 では石狩川河川水が流出・拡散・滞留しやすく、密度の小さい水塊が表層をふたをするような効果があるためと考えられる。図-9(d)の流動パターンでは、st 1, 2, 3 の水温は対馬海流の流入により上昇することもわかった。また、st 2 と st 3 共に 16~24 時間程度の周期の水温変動も見られ、st 1 の慣性周期流の影響と考えられる。

6. おわりに

石狩湾の浅海域と深海域の 3 地点において、流動・水温の連続観測を実施した。主な結果は以下の通りである。

(1) 水深 700 m の深海域 (st 1) において、夏期に対馬暖流の影響で 15 日~20 日の周期で変動する流れが卓越しており、この流れは水深 200 m まで影響している。また、約 16 時間の慣性周期流動が表層から 300 m の間に

存在していることがわかった。

(2) 夏期の風及び海流による湾全体の流動特性と水温変動特性を明らかにした。夏期の浅海域の流れは風の影響が強く、陸風ではエクマン効果で湾西側の st 3 で、海風では湾東側の st 2 で湧昇流が発生することがわかった。また、st 2, st 3 共に周期 16 時間程度の流動・水温変動が存在し、これは st 1 の慣性周期流の影響と考えられる。

(3) 冬期の st 2 での流動は北流が卓越し、北西方向の季節風の影響が強いと考えられる。夏期と比較すると冬期の方が風速が強いにもかかわらず夏期の方が流速が強かった。これは、夏期は成層が発達し海流も強い事が要因と考えられる。

参考文献

- 瀬戸雅文・大竹臣哉・奥野充一・中村 充 (2000): 石狩湾周辺海域における内部波の形成と湧昇流の発生機構, 海洋開発論文集, 第 16 巻, pp. 285-289.
- 王 毅・隅江純也・森 信幸・伊藤敏朗・山下俊彦 (2003): 石狩湾中央海域における秋期の流動・水質特性, 海洋開発論文集, 第 19 巻, pp. 881-885.