

# 石狩湾中央海域における秋期の流動・水質特性

## CHARACTERISTICS OF FLOW AND WATER QUALITY AT THE CENTRAL PART OF THE ISHIKARI BAY AT THE AUTUMN SEASON

王毅<sup>1</sup>・隅江純也<sup>2</sup>・森信幸<sup>3</sup>・伊藤敏朗<sup>4</sup>・山下俊彦<sup>5</sup>

Yi WAN, Jyunya SUMIE, Nobuyuki MORI, Toshiaki ITO and Toshihiko YAMASHITA

<sup>1</sup>工修 北王コンサルタント株式会社 (〒060-0010 札幌市中央区北10条西20丁目2番1号)

<sup>2</sup>学生会員 北海道大学大学院工学研究科 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

<sup>3</sup>正会員 (独)北海道開発土木研究所 (062-0931 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目)

<sup>4</sup>正会員 工修 国土交通省 北海道開発局(〒060-8511 北海道札幌市北区北8条西2丁目)

<sup>5</sup>正会員 工博 北海道大学大学院工学研究科 助教授 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目)

Field observations were performed at the central part of Ishikari bay at the autumn season. The flows of wind-driven current and internal waves are dominant. The thermal stratification was dissipated by vertical mixing. The characteristics of water temperature, nutrient salts, chlorophyll-a were understood. The important factors of increase of nutrient salts concentration is the vertical mixing and upwelling currents at the autumn season.

**Key Words :** nutrient salts, wind-driven current, internal waves, vertical mixing

### 1. はじめに

北海道日本海のほぼ中央に位置した石狩湾沖合は、周年的に栄養塩の乏しい対馬暖流の流入がみられることから、太平洋やオホーツク海と比較して漁業の生産性が乏しい海域となっている。しかし、石狩湾沖合(水深100m)付近の海域では、たら、ほっけ、カレイ等の好漁場が存在し、有力な漁場になる可能性を有する海域として注目されてきている。

石狩湾の地形は水深120mまでは緩勾配(1/500)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700mまで深くなっている。日本海の水深500m以深には日本海固有水と呼ばれる高栄養塩の水が存在し、石狩湾口においても水深150m以深には比較的高い栄養塩の層が存在している。石狩湾の沿岸海域への主な栄養塩供給の要因としては、石狩川流出水と深い水深帯の水塊の湧昇と鉛直混合がある。瀬戸ら(2000)は、成層が発達している9月に石狩湾中央で内部波の形成と湧昇流の発生について報告している。山下ら(2002)は、石狩湾奥の水深20m程度の沿岸域における水質の周年変動を現地調査し、栄養塩濃度は石狩川の流量が増加する融雪出水と夏季洪水の後に増加し、深い層との鉛直混合が発生する10月中旬～3月に増加することを報告している。

そこで本研究では、石狩湾奥の沿岸域で栄養塩の上昇が毎年発生する秋期に石狩湾中央の水深100m地点において流動・水質の現地観測を実施し、流動特性と栄

養塩の上昇機構を考察したのでその結果を報告する。

### 2. 現地観測の概要

図-1に示すNo.1地点(水深100m)においては、温度躍層が徐々に破壊され、深層との鉛直混合が進むと考えられる平成14年10月20日から11月24日に観測機器を設置し連続観測を実施した。図-2に計測器の設置状況を示すが、ADCPによる1m毎の流速、5～10m毎の17箇所の水深における水温、20m毎の5箇所の水深における塩分の連続観測を実施した。また、連続観測の最初と最後である10月20日と11月24日に水温、塩分の鉛直測定と6水深における採水とNO<sub>3</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P、クロロフィルaの分析を行った。

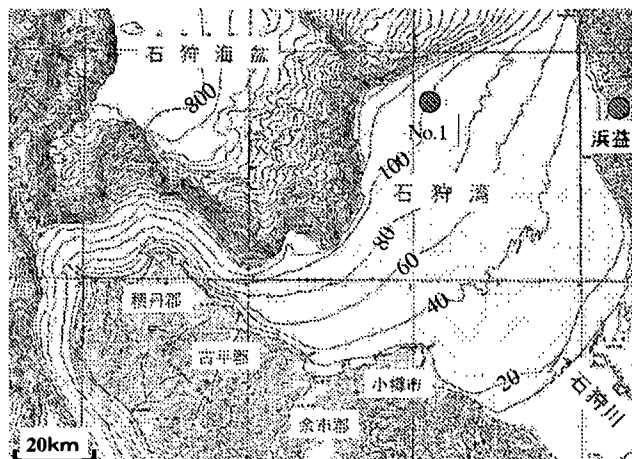


図-1 観測地点

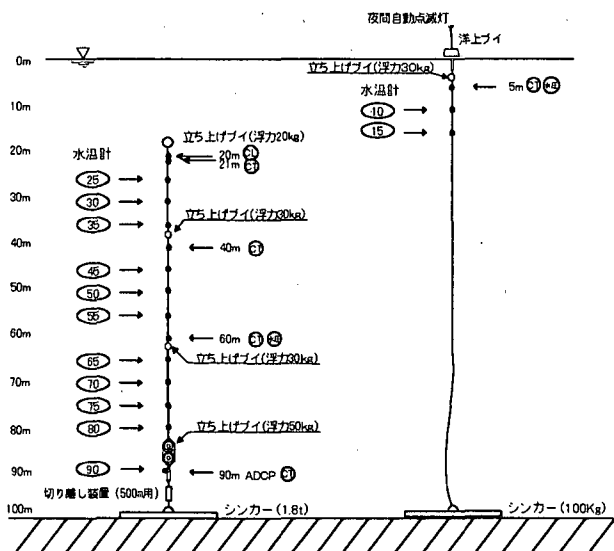


図-2 観測機器の設置状況 (No1)

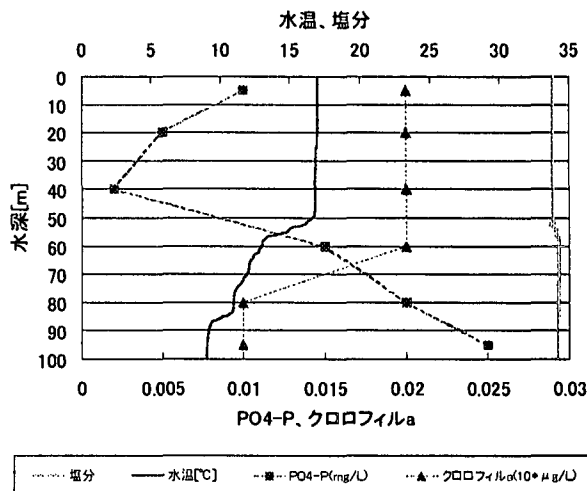


図-3 水質の鉛直分布 (10/20)

### 3. 水質変化特性

図-3に10月20日、図-4に11月24日の水温、塩分、 $PO_4-P$ 、クロロフィルaの鉛直分布を示す。10月20日は、塩分はほとんど一定である。水温は水深50m以浅は鉛直混合により一定で、それ以深で17°Cから8°Cまで低下し温度躍層が形成されていることがわかる。上層でクロロフィルa濃度が高く、 $PO_4-P$ 濃度が低く(0.002~0.005 mg/l)なっていることがわかる。下層での $PO_4-P$ 濃度は、0.015~0.025 mg/lと高濃度である。ここには示していないが、 $NO_3-N$ 濃度は上層で定量下限値未満で、下層で0.09~0.11 mg/l程度であった。

11月24日は、全水深で塩分、水温がほぼ一定であり、水深100mまで鉛直混合が発生していることがわかる。水温は10月20日と比較すると、表層は17°Cから11.5°Cへ低下し、下層は8°Cから11.5°Cまで上昇している。 $PO_4-P$ 濃度は、中層で0.002 mg/lと低くそれ以外は0.006~0.008 mg/lである。

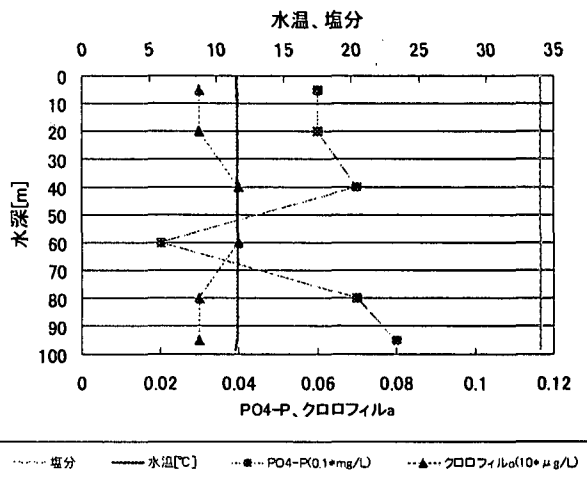


図-4 水質の鉛直分布 (11/24)

### 4. 水温・流動特性

図-5に観測期間の前半10日間の各水深の水温の時系列変化を示す。10月20日は水深45mまでは鉛直方向に一定で、時間の経過と共に鉛直混合層の発達が見られる。10月31日は70mまで一定水温となっている。表層は気温低下と深い水深帯の低温の水塊との混合により水温は徐々に低下し、底層の水温は上昇している。底層の水温は2/3日程度の周期の時間変動が卓越していることがわかる。図-6に一例として底層から10m上の位置の全観測期間の水温変動のスペクトルを示す。底層の水温は2/3日周期の変

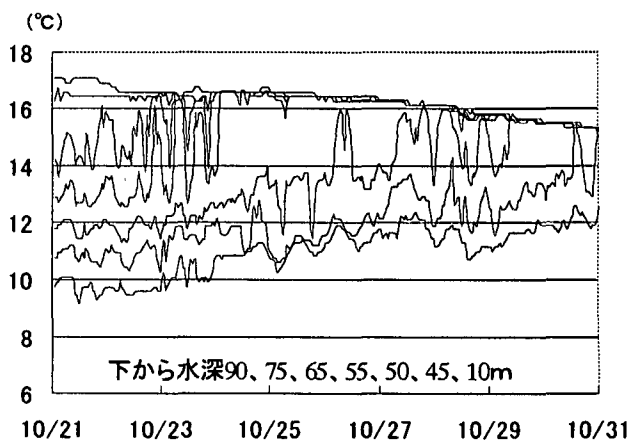


図-5 水温の時系列変化

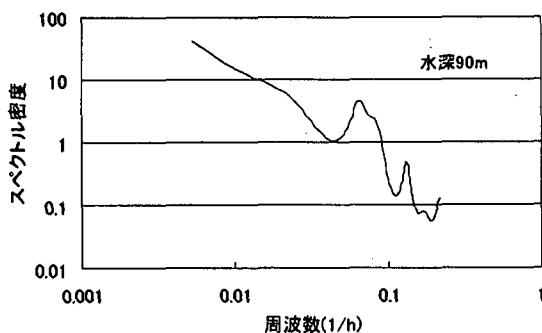


図-6 水温変動のスペクトル

動が卓越していることが確かめられる。

図-7に平成14年10月20日～10月25日までのNo1での観測結果と浜益での風のデータを示す。水深毎の水温分布をみると、水深50m以浅では水深による水温の変化はみられない。一方、水深50m以深では、水深が深くなるにしたがい、海水温度が低下し、水

深50m付近では海水温度が2℃以上の変動がみられる。

また、10月21日～10月22日では、水深50m以浅の混合層では吹送流による北東方向の流れが発生している。50m以深の下層では、約16時間周期で流向が南北に変化し、南向きの流れの時に水温の低下も見られる。この流動は、水深50m付近の温度躍層を境に、2/3日程度の周期の変動の流向が反対であり、内部波の存在が推察される。

図-8に底層(水深85m)における流速変動の南北方向、東西方向の全観測期間における流速変動のスペクトルの一例を示す。水温変動同様2/3日程度の周期が卓越していることがわかる。約2/3日の周期については、慣性振動や湾の固有周期等を含め今後検討する必要がある。

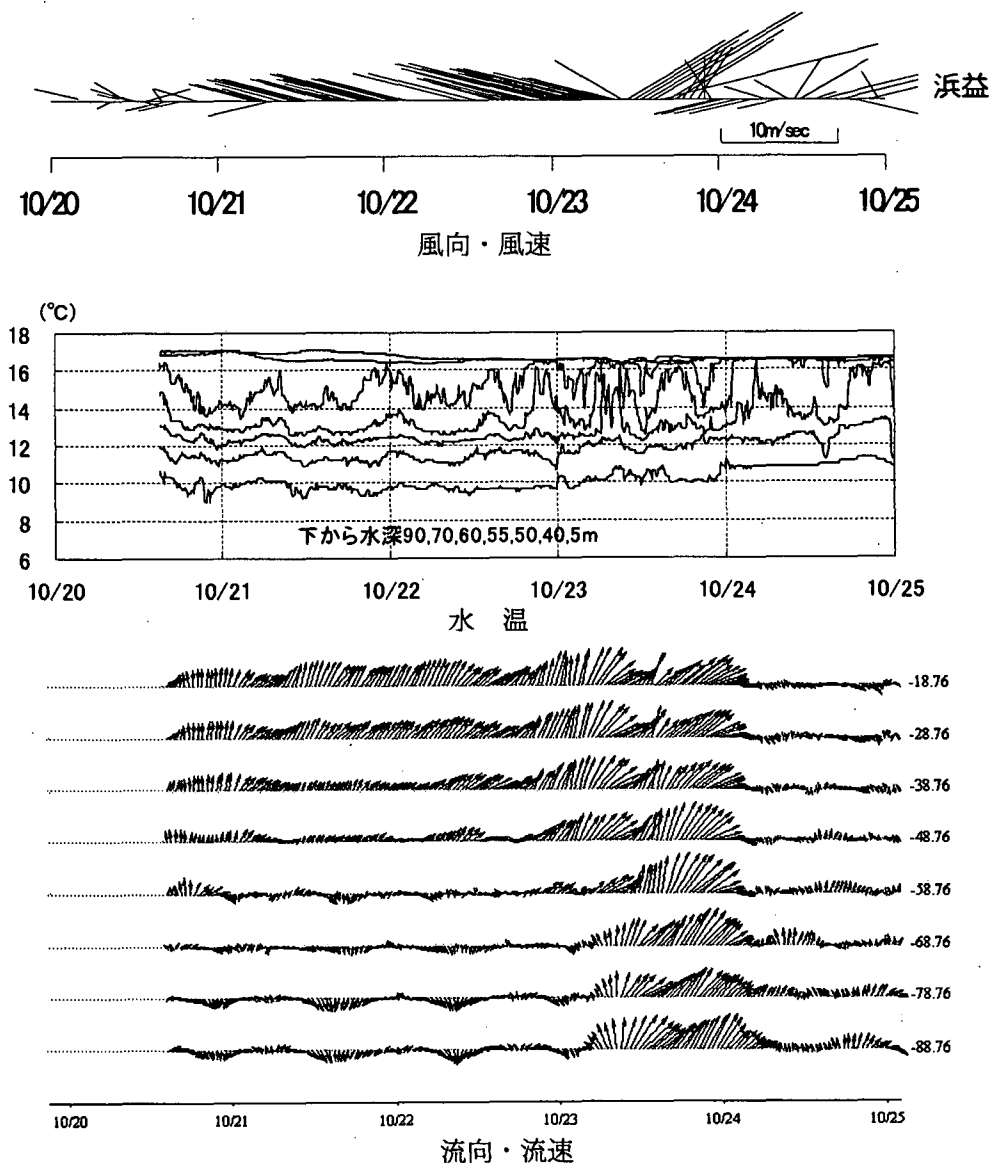


図-7 現地観測結果(10月20日～10月25日)

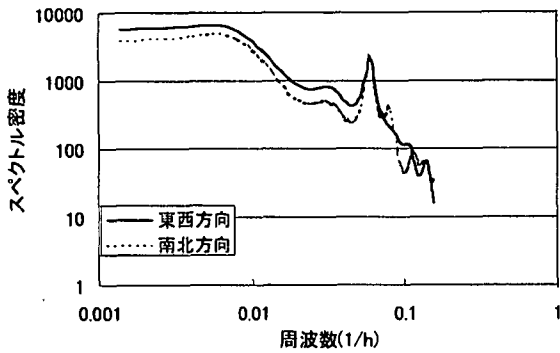


図-8 流速変動のスペクトル (水深85 m)

その後、22日後半から23日は陸風が強まり、23日には全層的に北東流となっている。この流れの発生前(10月22日)と発生中(10月23日)における水温の鉛直分布を見ると、発生前は水温変化の大きい水深は50m層に存在している。発生中は、4時間(8:00~12:00)でこの層が60mから50m水深まで変化している(図-9)。この時の気象条件は、浜益沖で南東~南西方向(風向は流向と合せている)に風速15m/s以上の風が吹送している。

底水層(水深90m)における水温変動が最も激しい11月1日14:00から11月1日21:20間は、水温が13.3°Cから6.8°Cまで低下している(図-10)。水温6.8°Cの低温の海水は深い層からの湧昇と推察される。その後、11月3日~9日の間は、この低温の海水が徐々に湧昇し、上層まで水温の低下がみられる(図-11)。

図-11に11月4日~10日の現地観測結果を示す。11月4日~6日は特に下層で2/3日程度の流速変動がみられる。7日~9日までは北向きの強い流れが

各層で発生している。この時期における水温の鉛直分布を図-12に示す。11月6日までは上層と下層で温度差はあるが時間的にあまり変化していない。しかし、11月7日は、全層の水温が低下し、湧昇流が発生しているものと推測される。11月11日には鉛直混合の結果、水深80m層までほぼ水温が一定となっている。

## 5. おわりに

石狩湾中央の水深100m地点において流動・水質の現地観測を秋期に実施した。この時期は内部波と季節風による吹送流が発生し、それに伴う湧昇流、鉛直混合が発生し、秋期の50m以浅程度の浅海域の栄養塩の増加をもたらす可能性があることがわかった。しかし、栄養塩濃度の測定も観測最初と最後の2回のみであり、栄養塩濃度、流動特性の定量把握は十分でなく、石狩湾内の広域的な調査を今後実施する必要がある。

## 参考文献

- 1) 瀬戸雅文, 大竹臣哉, 奥野充一, 中村充: 石狩湾周辺域における内部波の形状と湧昇流の発生機構, 海洋開発論文集, 第16巻, pp.285-289, 2000.
- 2) 山下俊彦, 梅林司, 菅沼剛, 斎藤大作, 山崎真: 石狩川の物質輸送特性と河口沿岸域での水質の周年変動, 海岸工学論文集, 第49巻, pp.1011-1015, 2002.

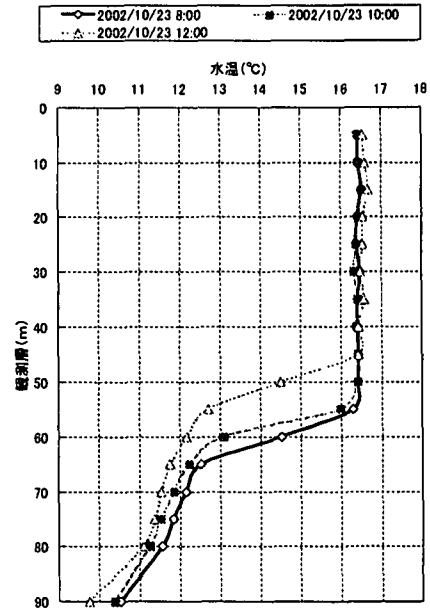
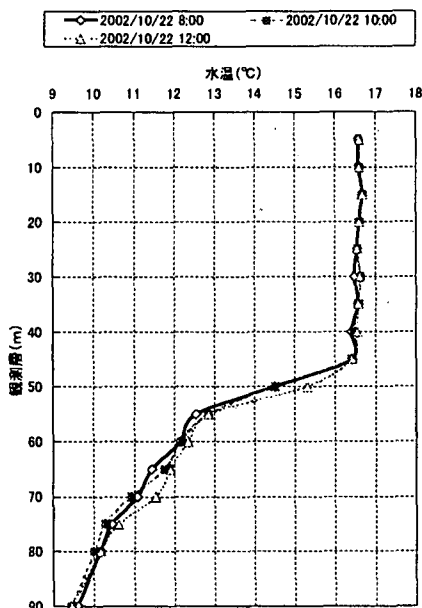


図-9 N o 1水温の鉛直分布図(左:10.22, 右10.23)

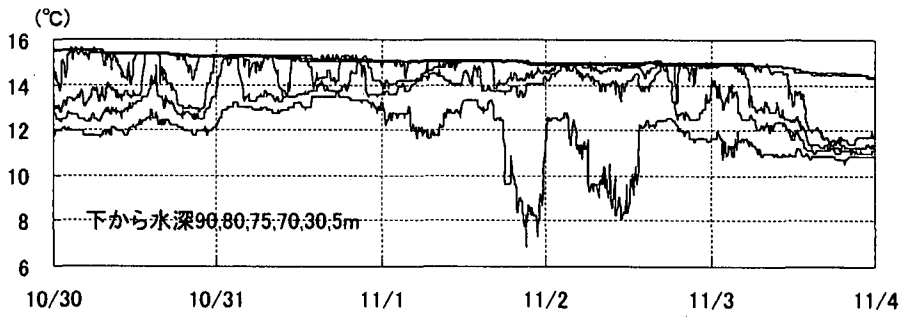
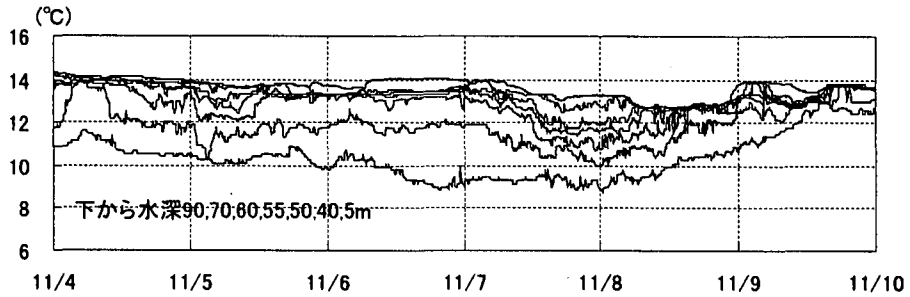


図-10 N○1水温の現地観測結果(10月30日～11月4日)

水温



流向・流速

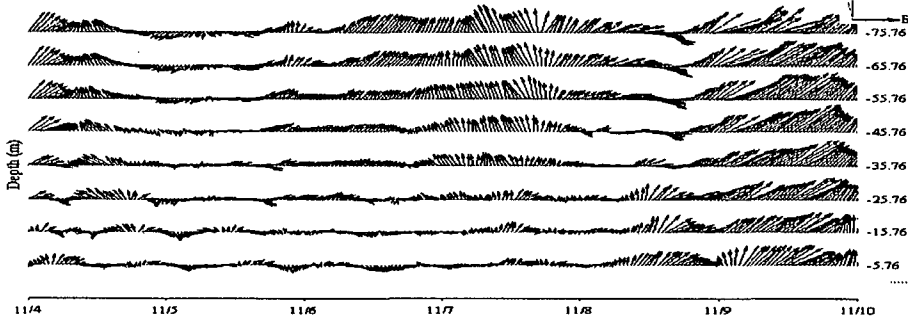


図-11 現地観測結果(11月4日～11月10日)

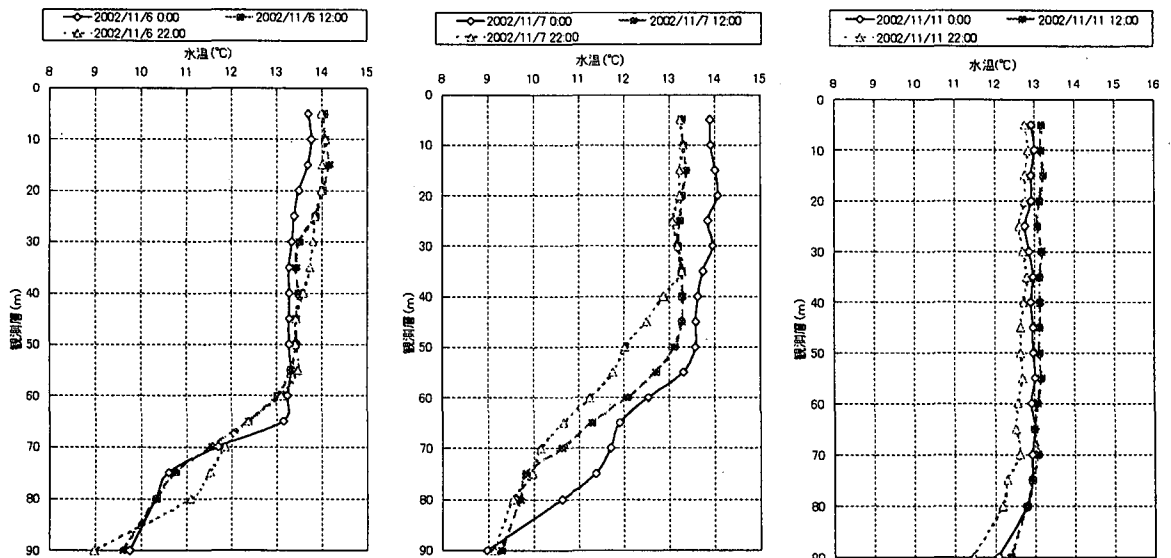


図-12 水温の鉛直分布図(左:11月6日, 中:11月7日, 右11月11日)