



Title	宗谷暖流潮境の水塊構造 (序報)
Author(s)	青田, 昌秋; AOTA, Masaaki
Citation	低温科学. 物理篇, 41, 207-215
Issue Date	1983-03-22
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/18473">https://hdl.handle.net/2115/18473</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	41_p207-215.pdf



## 宗谷暖流潮境の水塊構造 (序報)\*,\*\*

青田 昌秋  
(低温科学研究所)  
(昭和57年10月受理)

### I. ま え が き

オホーツク海・北海道沿岸には著しく性質を異にする3つの水塊が存在する。3つの水塊とは対馬暖流分岐である宗谷暖流、オホーツク海固有の表層低塩分水および冬季に形成される中冷水である。これらの水塊は春から秋にかけて、この沿岸の距岸10~20哩、水深200m以浅の陸棚上で顕著な潮境(フロント)を形成する。

文部省・特定研究“海洋の動的構造研究”のなかの“陸棚域における海水流動特性研究”班は1981年度からこの沿岸・陸棚域の海洋構造の調査を開始した。

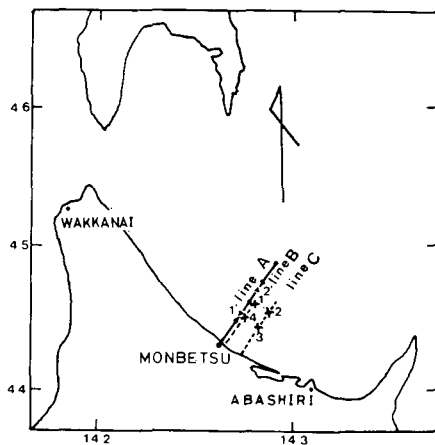
ここでは1982年度の観測結果の一部を用いて宗谷暖流・中冷水の潮境周辺の海洋構造について報告する。

### II. 観測海域および観測方法

1982年5月から宗谷暖流とその沖合の中冷水の潮境を中心に観測を行なった。観測はオホーツク海・北海道沿岸のほぼ中央に位置する紋別沖、距岸20~40哩の海域である。第1図に観測域を示す。

5,6月の観測ではXBT (Expendable Bathythermograph), アンデラ流速計CM-4による水温および定置測流を行なった。また8月の観測ではXBT, CTD (Conductivity, Temperature, Depth) により水温、塩分の測定を行なった。

CTDによる水温、塩分の測定では船舶の動揺のため海中で計器が上下動し微細な海洋構造が乱される。筆者はこの問題を解決するため直径30cmのフロートとシーアンカーをCTD計器に取り付けて自由落下式にして測定を行なった。



第1図 観測海域

A, B, Cは観測線, ×印は流速計設置点を示す。観測線A上の▲印はCTD測点1', 2'を示す

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第2487号

\*\* 北海道大学低温科学研究所 流水研究施設 研究報告 第103号

## III. 観測結果

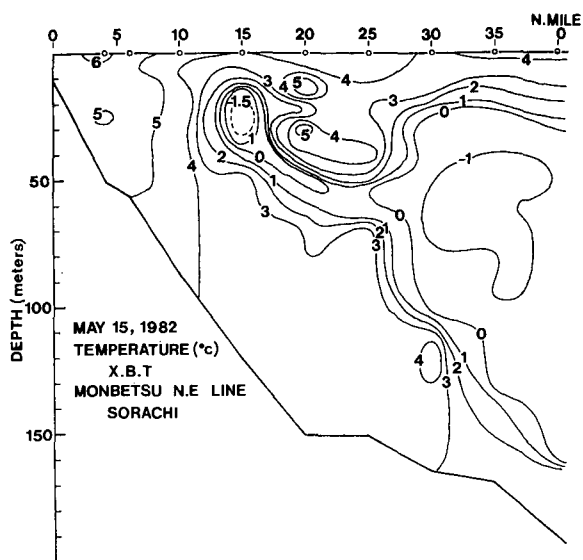
## 1. 紋別沖水温観測 (1982年 5月 15日)

1982年 5月 15日 紋別港北東方向 距岸 40 哩まで 5 哩毎の XBT による水温観測を行なった。第 2 図に 5 月 15 日 (第 1 図測線 A) の水温の鉛直断面図を示す。宗谷暖流は第 2 図水温鉛直断面図で  $3^{\circ}\sim 4^{\circ}\text{C}$  以上の範囲で、5 月中旬にはすでに中層以浅で距岸 10 哩、中層以深では 20 数哩沖まで達していることがわかる。25 哩以遠の水深 20 m 以深は  $2^{\circ}\text{C}$  以下の中冷水で占められている。一方、距岸 13 哩から 17 哩の水深 20~50 m 層には水温  $-1.5^{\circ}\text{C}$  を中心とする冷水塊が宗谷暖流域に存在していることが認められる。

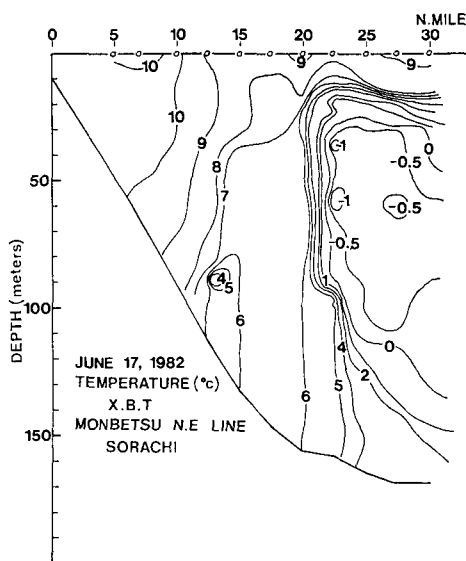
## 2. 分離冷水塊の拡がり と 時間変動の観測 (1982年 6月 20~23日)

1982年 6月 17日、同じく紋別港北東方向の距岸 30 哩まで 2.5 哩毎の XBT による水温分布の観測を行なった。第 3 図にその結果を示す。宗谷暖流は距岸 20 哩までの全層におよびその沖側の中冷水と著しい潮境を形成している。注目すべきことはさきの 5 月 15 日の観測でとらえられた冷水域が今回の観測では認められないことである。さきの観測の測点間隔は 5 哩毎であり、この回の測点間隔は 2.5 哩毎でより密な測定である。このことは宗谷暖流域への冷水の流入が間欠的であることを示唆している。

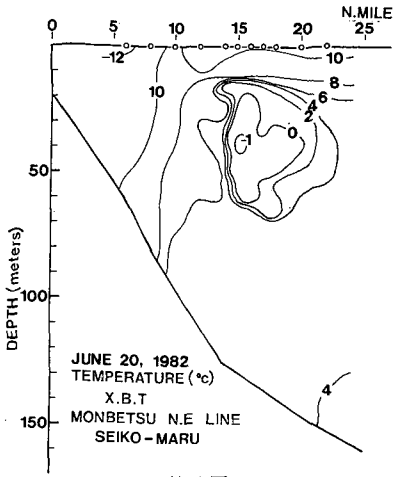
この冷水域の出現・消滅の実態をみるため 6 月 20~23 日、紋別港沖の宗谷暖流・中冷水の潮境を中心として距岸 15~23 哩に  $6\times 7$  哩の四辺形をなす測点を定めて、アンダーラ流速計 CM-4 によって水温・塩分・流向・流速の測定を行なった。測点は第 1 図に示した。測深は各点とも 10 m, 50 m の 2 層とした。測定の時間間隔は 20 分である。第 4 図に流速計設置時の



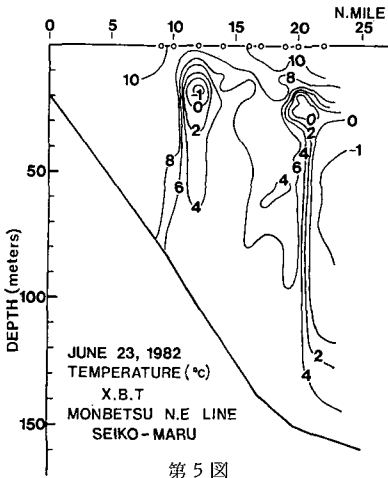
第 2 図 紋別沖水温鉛直断面図 (1982年 5月 15日測線 A)



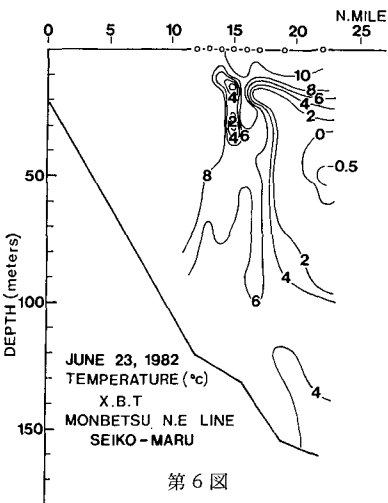
第 3 図 紋別沖水温鉛直断面図 (1982年 6月 17日測線 A)



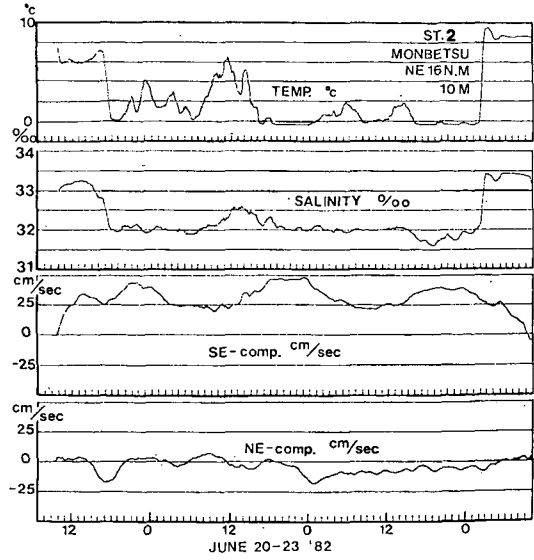
第4図



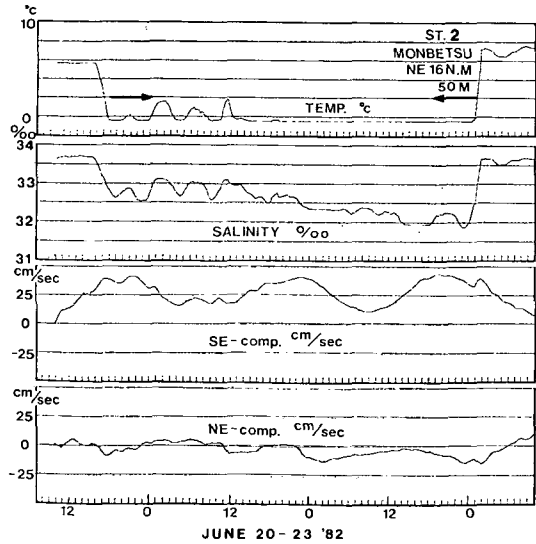
第5図



第6図



第7図 水温、塩分量、流速の変動(1982年6月20~23日, 測点3, 測深10m)



第8図 水温、塩分量、流速の変動(1982年6月20~23日, 測定3, 測深50m)

第4図 紋別沖水温鉛直断面図(1982年6月20日測線A)

第5図 紋別沖水温鉛直断面図(1982年6月23日測線A)

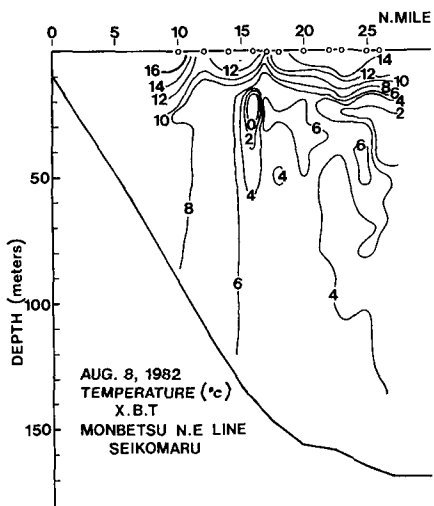
第6図 紋別沖水温鉛直断面図(1982年6月23日測線C)

6月20日の測線A, 第5, 6図には流速計回収時の6月23日の測線B, 測線Cの水温の断面図を示す。また第7, 8図にはさきに述べたアンデラ流速計CM-4による水温・塩分・流速の観測のうち測点2(距岸15哩)の測深10mおよび50m層の結果を示す。

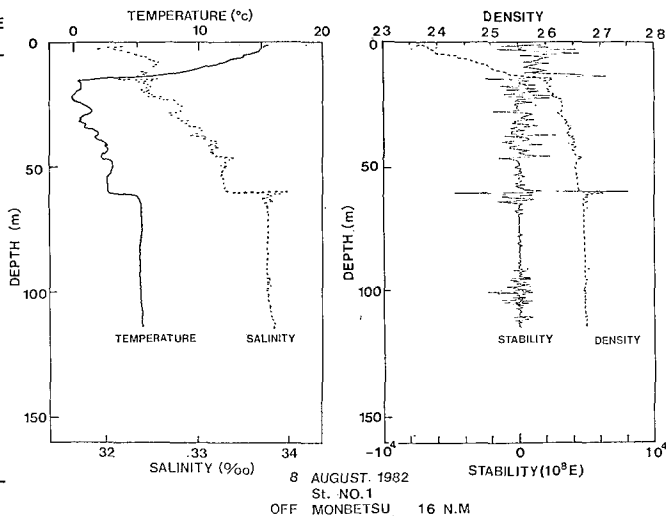
3. 宗谷暖流・中冷水潮境周辺の海洋の微細構造の観測(1982年8月8日)

1982年8月8日同じく紋別港北東測線A上の距岸16, 26哩の2点でCTDによる水温, 塩分の測定を行なった。第9図に当日の測線AのXBTによる水温断面図を示す。

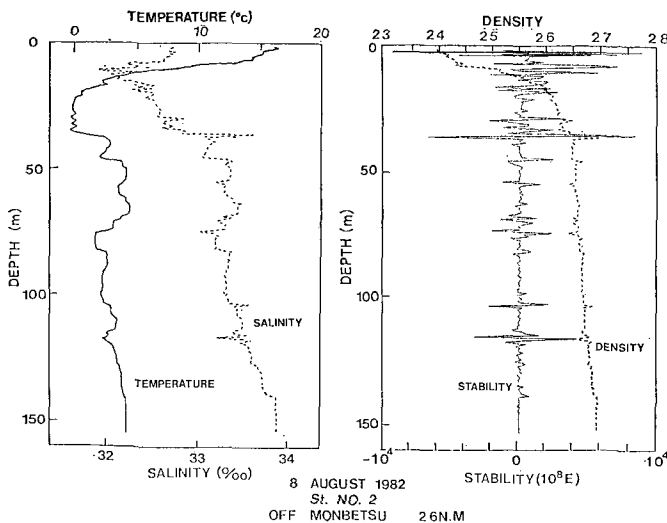
CTDによる観測に際しては船舶の動揺による水塊の微細構造の乱れをなくすためフロートとパラシュートをCTD本体に取り付けて自由落下式の測定を試みた。測定の間隔は約



第9図 紋別沖水温鉛直断面図(1982年8月8日測線A)



第10図 水温, 塩分量, 密度, 安定度の鉛直分布(1982年8月8日測点1')



第11図 水温, 塩分量, 密度, 安定度の鉛直分布(1982年8月8日測点2')

1秒である。この方法では多少の差はあるが水深にしておおよそ20~50cm毎の測定距離間隔であった。CTDによる水温、塩分量の鉛直分布を第10, 11図に示す。

#### IV. 考 察

##### 1. 宗谷暖流域に出現する冷水塊の挙動

これまでの観測でも夏季この沿岸域に冷水塊が存在することは知られていた。しかしながら測定の間隔、距離間隔が大きいと、この冷水塊は定常的に存在するか否か、その空間的規模、出現頻度など詳しいことは何も知られていなかった。ここではさきの観測結果に基づいて、冷水塊の挙動について二、三の考察を行なう。第3図、第4図、第5, 6図に示した紋別北東方向の水温の鉛直断面図は1982年6月17, 20, 23日の3日間隔の観測結果である。6月17日(第3図)で水温6°C以上の宗谷暖流水は20哩以遠の中冷水本体と直接に接しており、さきの5月の観測で見出された冷水塊は認められない。3日後の6月20日(第4図)には距岸15~20哩の水深20~60m層に2°C以下の中冷水の温度を示す水塊が中冷水本体と分離した形で存在している。さらに3日後の6月23日の測線Bの水温断面には-1°Cを中心とする水塊が明らかに認められる。なお測線Bから宗谷暖流の流向方向に約6哩隔った測線Cの断面図(第6図)の距岸15哩水深10~40m層にも小規模の分離水塊が認められるが、その水温は2~4°Cで測線Bの分離水塊ほど顕著ではない。

第7, 8図は紋別沖距岸15哩(測点2)の表層10mおよび50m層の水温、塩分、流速の変動を示している。上下層とも流速計設置時には比較的に高温、高塩分の水域であったが約10時間後には水温2°C以下、塩分量33%以下の低塩分水が通過しており6月23日になると再び暖流系水に復していることを示している。流れは沿岸に平行な南東成分と離岸方向の成分で示したがほぼ沿岸に平行な南東流である。宗谷暖流域を通過する低温、低塩分の水塊に注目してみる。測点3(第7, 8図)で認められる水温の低下は沖合の中冷水のフロントの岸への接近によっても起こり得る。しかしここには示さなかったが他の測点の水温、流向の変動を考え合せると、中冷水のフロント移動によるものとは考えられない。

すなわち、宗谷暖流域内に出現した冷水塊は宗谷暖流の流向とはほぼ同じ方向に間欠的に流れているものといえる。詳しい解析は次回に報告するが、全測点の結果から分離冷水塊の中心は測点3の50m層付近にあると考えられた。この水温、塩分量の変動と流向、流速から宗谷暖流域を通過する冷水塊の流向方向の長さを見積ってみる。ここでは宗谷暖流の指標である塩分量33.6%より低塩分かつその水温が2°C以下の水を冷水塊と定義し、第7, 8図中の矢印の範囲を冷水塊通過中と考える。第7, 8図に示すように上層では間欠的に水温が上昇しているが、下層の50m層ではほぼ2日間継続して0°C以下である。流れは潮汐変動を示しているが平均するとほぼ岸に平行な南東流で、流速は上層で約32.5cm/sec下層は30cm/secである。

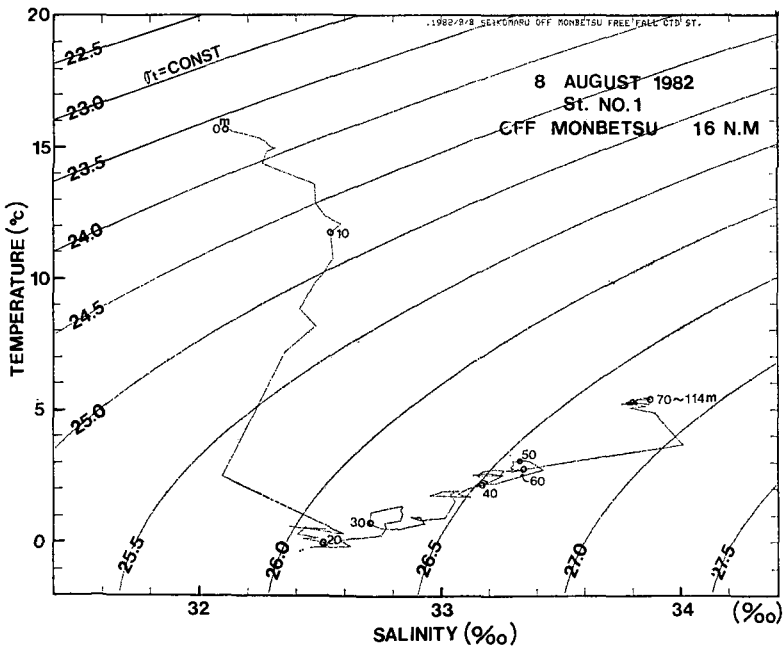
図から冷水塊通過の中央に位置していたと考えられる下層の冷水継続時間はほぼ54時間である。このことからこの冷水塊の流れ方向の長さは31.5哩強(約58km)であったと考えられる。

さきに示した流速測定期間中の3回の水温分布およびこの流速計による冷水塊の長さの見積値を考え合せると、この間の冷水塊の規模は、厚さ20~50 m、幅2, 3 哩 (4ないし5 km) から7, 8 哩 (14, 5 km)、長さ30 哩 (55 km) であったと考えられる。もちろん分離冷水塊の大きさは様々のものが考えられるが、この観測によってはじめてその実態の一面を見ることができたといえる。

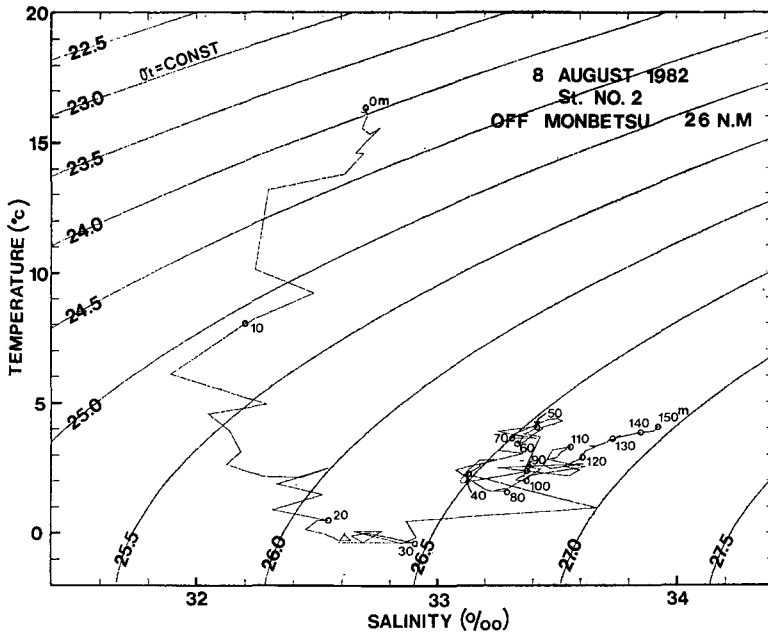
## 2. 宗谷暖流、中流水潮境の微細構造

1982年8月8日紋別沖16 哩および26 哩のCTD観測結果(第10, 11 図)で、CTD 測点1' (16 哩点) は、第9 図の水温分布からわかるように、宗谷暖流域に流入した冷水塊の存在する海域であり、CTD 測点2' (26 哩点) は宗谷暖流と中冷水本体の潮境に近い海域である。

両測点とも表層10 mは高温、低塩分水で覆われておりその下層と大きな密度躍層を形成している。第10, 11 図右側に密度 $\sigma_t$ の鉛直分布を示した。測点1' (第10 図) の10 mから60 m層は分離冷水塊であり、その下は高温、高塩分の宗谷暖流水で底層に達している。また測点2 (第11 図) の20 mから40 m層は中冷水の先端部であり、50 mから120 mは宗谷暖流・中冷水の混合域である。さらにその下層には宗谷暖流水のもぐり込みが認められる。第12, 13 図には両測点のT-Sダイアグラムを示した。両測点とも測深間隔は20~50 cmである。測点1' (16 哩点) の分離冷水塊の存在する10 m~60 m層では深さとともに徐々に密度は増大しているが詳細にみると多くの密度逆転がみられT-S図で多くのループを示している。また、中冷水と接する測点2' (26 哩) の中冷水の先端部(20 m~40 m層) および宗谷暖流・中冷水の混合域(50 m~120 m層) でも多くのループが認められ両水塊の複雑な混合過程の一断面を示している。



第12 図 TSダイアグラム測点1' (1982年8月8日測線A 16 哩点)



第13図 TSダイアグラム測点2' (1982年8月8日測線A 26 渚点)

第10, 11図右側に密度および安定度の鉛直分布を示した。ここで安定度の算出にあたっては平均化、水層の厚さの均一化はほどこしていない。すなわち厚さ20~50 cm 毎の各測定から計算したものである。

安定度の鉛直分布から水温、塩分の構造と同じく密度の鉛直構造も多重構造をなしていることが認められる。とくに測点1'の分離冷水塊、測点2'の中冷水塊では、1, 2 m 毎に密度の逆転が起っており、両水塊がシート状に入りまじって混合過程が進んでいることを示している。

一方、各水域の平均的な密度は10~13図から宗谷暖流域で26.7~27.0、暖流域内の分離冷水塊は26.2~26.5、中冷水先端部で26.2~26.5、宗谷暖流・中冷水の混合域で26.5~26.8である。

すなわち、宗谷暖流、中冷水、分離冷水塊および表層低塩分水の各水塊は微視的には複雑な混合過程を示しているが、巨視的には密度的に安定して存在している。また暖流域内に存在する分離冷水塊の密度はその沖合の中冷水先端部のそれに等しく、かつその塩分量も等しく32.5~33.2‰である。このことから分離冷水塊の起源は中冷水であり、中冷水先端部の分離移流によるものと考えられる。

海洋の水塊の多重構造の生成、混合過程についてはまだ解明されていない点が多い。宗谷暖流、中冷水、分離冷水塊の潮境にみられた櫛歯状に入り組んだ複雑な構造の生成機構も未だ不明である。さきに述べた3水塊の水温、塩分、密度条件では、宗谷暖流と中冷水の接点での両水塊の水平貫入、分離冷水塊と下層の暖流水の間では熱塩対流(二重拡散—この場合はターナー現象)による多重構造の生成も考えられる。また速度シャー、内部波も関係している可能性も考えられる。

今後はシャーの効果、内部波の影響も考慮に入れて解析を進めていく予定である。

## V. あとがき

宗谷暖流と中冷水の潮境周辺の水溫観測、測流、CTD観測によって、宗谷暖流域に認められる分離冷水塊の動き、空間的広がりおよびその起源について推察した。またCTDの自由落下法による水溫、塩分の詳しい測定を試み、宗谷暖流、中冷水、分離冷水塊の微細構造を観察した。

おわりにのぞみ、この観測に察し全面的な御協力をいただいた第一管区海上保安本部・紋別海上保安部・名和芳雄部長、同巡視船・伊藤和男船長はじめ乗組員の皆様、勢幸丸・松井伸一船長に心よりお礼申し上げます。

CTD データーのコンピューターへの取り込みに関しては当施設、福士博樹・大井正行両技官の御協力を得た<sup>4)</sup>。また御教示、御指導をいただいた東大・理学部・永田豊教授、北大理学部・金成誠一教授、東海大・海洋学部・稲葉栄生助教授ならびに安田訓啓講師、東水大・海洋環境・松山優治助手の皆様、低温研の皆様ここにあわせてお礼申し上げます。また海洋観測のための準備、測器の保守に御協力いただいた当施設・加藤賢三郎技官にお礼申し上げます。なお、この研究の費用の一部は文部省科学研究費・特定研究(1)海洋の動的研究費によった。

## 文 献

- 1) 本井達夫・小野延雄・青田昌秋 1982 オホーツク海・北海道沿岸に夏現われる冷水塊. 低温科学, 物理篇, **41**, 199-206.
- 2) K. N. Fedrov 1978 The thermohaline finestructure of the ocean. Pergamon press, 170 pp.
- 3) 寺本俊彦編 1974 海洋物理学 I. 東京大学出版会, 248 pp.
- 4) 福士博樹・大井正行 1982 CTD プログラムの入力プログラムについて. 低温科学, 物理篇, 資料集, **41**.

## Summary

The coastal region of the Southwestern Okhotsk Sea constitutes a front where three typical water masses (Soya Warm Current Water; Low Salinity Surface Water; Intermediate Water) meet each other and exhibit a complicated oceanic structure.

A conspicuous appearance of an isolated cold pool of water has been noted in the Soya Warm Current in warmer seasons.

But the hydrographic structure of this frontal region as well as the cold pool of water remains unknown in many respects.

Thus, observations were carried out from May to August in 1982 along the direction parallel to the shore off the northeast of Monetsu harbour in an effort to study this oceanic frontal condition in detail in the subsurface layer 1 to 2 m in thickness.

The results are shown in Figs. 2-13.

From the variation in vertical temperature section by XBT (Figs. 2-6), CM-4 (Figs. 7, 8), it was found that the cold of water has a sheet-like shape 20~50 m thick, 14~15 km wide, 55 km long and drifted along the shore during the time of observations.

The vertical profiles of temperature and salinity were observed in the region where the cold pool of water existed and in the frontal region between the Soya Warm Current and Intermediate Water Mass by free falling CTD observations (Figs. 10-13).

The following were found: there were many negative density gradients which appeared as parts of loops in T-S diagram in the frontal region of the Soya Warm Current and the Intermediate Water Mass (Figs. 12, 13); the temperature, salinity and density of the cold pool of water were approximately the same as those of the upper part of the Intermediate Water Mass.

The foregoing facts suggest that this fine subsurface structure of temperature, salinity and density were associated with active interleaving or double diffusion or both between the Soya Warm Current Water and the surrounding water mass and that the isolated cold pool of water in the Soya Warm Current originated in the Intermediate Water Mass.