

海洋構造変動パターン解析技術開発試験事業

高橋 進吾・佐藤 晋一・今村 豊

はじめに

青森県海域の海洋構造は、親潮、黒潮及び対馬（津軽）暖流等に支配され、短期・長期的に複雑に変動し、イワシ・サバ類、スルメイカ等浮魚類の漁場形成や沿岸域の生産力に大きな影響を及ぼしている。本事業では、超音波式流向流速計（以下「ADCP」という。）を用いて海流データを迅速かつ組織的に収集・解析するための技術開発、及びADCPデータと調査船による海洋観測データ、衛星情報等をあわせて青森県沿岸・沖合域の高精度な海況の把握と漁場・海況予測に資するための技術開発を行うことを目的としている。

本年度は、昨年度開発された「系統誤差補正ソフト」を用いて高精度な流れのデータの蓄積を図るとともに、補正済みADCPデータを使用し水塊構造の解析を行った。また、海況情報等関連情報を整理し、青森県海域の海洋構造の特徴等について検討した。

材料と方法

参加機関（青森県水産試験場以外）

（太平洋） 岩手県水産技術センター・宮城県水産研究開発センター・福島県水産試験場・茨城県水産試験場、東北区水産研究所（指導機関）

（日本海） 京都府立海洋センター・秋田県水産振興センター、日本海区水産研究所（指導機関）

開発検討委員会（作業部会）

事業推進上の問題点の摘出と対策、成果の取りまとめと活用方法等、事業の円滑な推進に必要な事項について総合的な検討を行うため、各海域の担当水産試験場が年1～2回分担し、開発検討委員会を開催する。太平洋海域については、必要に応じて解析技術開発の専門的事項に関する具体的な作業を行う作業部会を開催する。

調査内容

1 調査項目

調査項目は、従来の一般海洋観測（漁況海況予報事業に準ずる）とADCPによる流向流速観測を行った。

表1 各調査船の流向流速測定システム

調査船	超音波式潮流計 (ADCP)	航法装置
東奥丸 (140トン)	JRC社製JLN-615	JRC社製JLR-4200
青鵬丸 (65トン)	RDI社製RD-10201300	JRC社製JLR-7700
開運丸 (208トン)	RDI社製RD-9HP075P	FURUNO社製GP-500
	JRC社製JLN-615	JRC社製JLR-6000MKH

※JRC：日本無線(株)、FURUNO：古野電気(株)、RDI：RDインストルメンツ社

各調査船に搭載している流向流速測定システムは表1のとおりである。また、海洋観測に用いるCTD（水温塩分等測定機器）は開運丸と青鵬丸はシーバード社製、東奥丸はFSI社製で、観測深度は沿岸域の浅海部を除き水深1,000mまでとした。

2 流向流速データ収録環境設定

2-1 3層式ADCP

ADCPの観測深度は、図1～2に示す太平洋定線、日本海定線及び津軽海峡東口定線では基本的に10・50・100mの3層、津軽海峡西口定線では10・50・90mの3層に設定し測流を行った。

データ収録間隔は開運丸、東奥丸とも8分平均のデータを1分毎にFDに収録した。

2-2 多層式ADCP

開運丸では、測定層厚8m（水深約650mまで、層数約80層）の設定で、データ収録間隔は3分平均のデータを3分毎にMOに収録した。

青鵬丸では、測定層厚8m（水深約250mまで、層数約32層）の設定で、データ収録間隔は1分平均のデータを1分毎にMOに収録した。

3層式及び多層式ADCPとも対地・対水（航法）モードは自動切替に設定したが、太平洋定線及び日本海定線はごく沿岸域を除き、ほとんどが対水（航法）モードによる収録で、一方、津軽海峡定線は対地モードにより収録された。

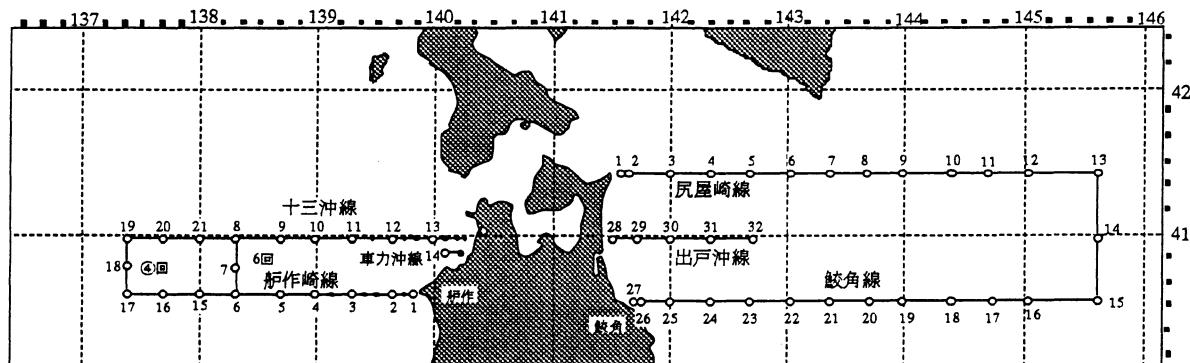


図1 青森県海洋観測定線図

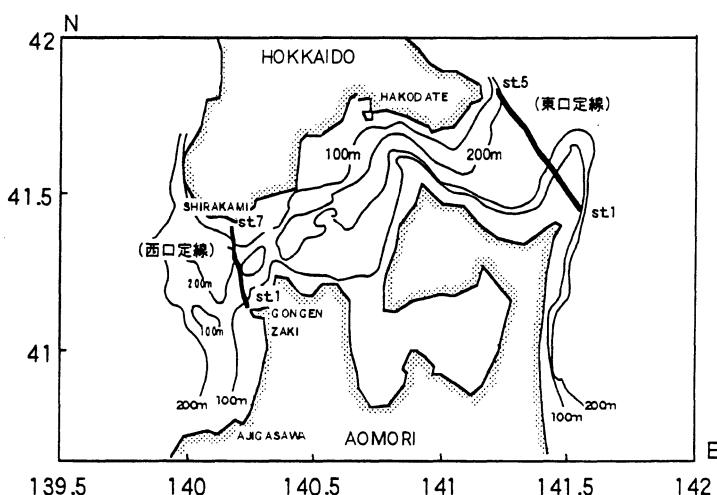


図2 津軽海峡流量調査定線図

結 果

流向流速データ収録状況

平成12年4月から平成13年3月までの流向流速データの収録状況を表2~4に示した。

日本海では、東奥丸、青鵬丸により7月と1月を除く年10回海洋観測を行いデータを収録した。

東奥丸は5月にGPSの故障により収録データに異常がみられたほか、12月は収録パソコンが故障したためデータ収録自体ができなかった。青鵬丸は10月に収録ソフトの設定不具合等により収録データの異常がみられた。

太平洋では、東奥丸、開運丸により年4回海洋観測を行いデータを収録した。開運丸は8月に多層式ADCPで機器不安定によりデータ収録の不具合がみられた。

津軽海峡では、西口定線で3回、東口定線で1回の4往復横断観測、3月に冷水監視調査を行いデータを収録し、収録状況は比較的良好であった。

今年度は数件の不具合がみられたが、その後はある程度改善されており、全般的には比較的良好なデータ収録ができたと思われる。

表2 日本海におけるデータ収録状況

No	調査月	調査期間	調査船名	ADCP機種名	測定層	収録状況
1	4月	2000. 4. 4~5	東奥丸 (140t)	JRC JLN-615	3層 (10・50・100m)	良好
2	5月	2000. 5. 9~10	東奥丸 (140t)	JRC JLN-615	3層 (10・50・100m)	不良
3	6月	2000. 5.31~6. 1	東奥丸 (140t)	JRC JLN-615	3層 (10・50・100m)	良好
4	8月	2000. 8. 1~2	青鵬丸 (65t)	RD-10201300	多層 (8mごと)	良好
5	9月	2000. 9. 4~ 5	東奥丸 (140t)	JRC JLN-615	3層 (10・50・100m)	良好
6	10月	2000.10.10~11	青鵬丸 (65t)	RD-10201300	多層 (8mごと)	不良
7	11月	2000.10.30~31	東奥丸 (140t)	JRC JLN-615	3層 (10・50・100m)	良好
8	12月	2000.12. 1~2	東奥丸 (140t)	JRC JLN-615	(収録パソコン故障)	-
9	2月	2001. 2. 9~10	東奥丸 (140t)	JRC JLN-615	3層 (10・50・100m)	不良
		2001. 2.20~21	東奥丸 (140t)	JRC JLN-615	3層 (10・50・100m)	良好
10	3月	2001. 3. 1~ 3	東奥丸 (140t)	JRC JLN-615	3層 (10・50・100m)	良好

表3 太平洋におけるデータ収録状況

No	調査月	調査期間	調査船名	ADCP機種名	測定層	収録状況
1	6月	2000. 6.15~18	東奥丸 (140t)	JRC JLN-615	3層 (10・50・100m)	良好
2	8月	2000. 8.21~25	開運丸 (208t)	RD-9HP075P	多層 (8mごと)	不良
				JRC JLN-615	3層 (10・50・100m)	良好
3	12月	2000.11.28~12.1	開運丸 (208t)	RD-9HP075P	多層 (8mごと)	良好
				JRC JLN-615	3層 (10・50・100m)	良好
4	3月	2001. 2.26~3. 1	開運丸 (208t)	RD-9HP075P	多層 (8mごと)	不良
				JRC JLN-615	3層 (10・50・100m)	良好

表4 津軽海峡におけるデータ収録状況

No	調査月	調査期間	調査船名	ADCP機種名	測定層	収録状況
(海峡西口)						
1	7月	2000. 7.26~27	青鵬丸 (65t)	RD-10201300	多層 (8mごと)	良好
2	8月	2000. 8.25~26	青鵬丸 (65t)	RD-10201300	多層 (8mごと)	良好
3	11月	2001. 3.14~15	青鵬丸 (65t)	RD-10201300	多層 (8mごと)	良好
(海峡東口)						
1	8月	2000. 8.25~26	開運丸 (208t)	RD-9HP075P	多層 (8mごと)	良好
				JRC JLN-615	3層 (10・50・100m)	良好
(冷水監視)						
1	3月	2001. 3.12~13	東奥丸 (140t)	JRC JLN-615	3層 (10・50・100m)	良好

収録した流向流速データの処理

1 流況図の作画

1 - 1 3層式 ADCP

これまでと同様の方法で、ファイル合成、異常な位置データ等の削除、真測流速変換プログラムによる真測流速変換、異常な流向流速データ（船速 10knot 未満、異常値（例えば 4knot 以上の流速、連れ潮等））の削除などの前処理を行ったうえで、流況図を作画した。

1 - 2 多層式 ADCP

収録された Process data（平均データ）または Raw data（平均処理されない生データ）を用い、解析ソフト（(株) SEA 社製 MapEagle、Multiplot）により流況図を作画した。異常データの削除、平均化の処理は、解析ソフトの流速最大値の制限、移動平均処理により行った。

2 流向流速データの良否の検討

2 - 1 3層式 ADCP

昨年度開発された「系統誤差補正ソフト」を使用し、各調査で収録された比較的良好な3層式ADCPのデータについて誤差補正を行い、補正済みADCPデータの蓄積を図った。なお、補正済みデータの良否については、水温・塩分分布と比較し検討した。

補正係数算出結果表を表5～6に示したが、昨年度と同様に対地モードで算出した補正係数の方が妥当と判断される場合が多かった。特に太平洋における対水モードでは補正係数が大きく、この補正係数で補正処理を行うと流れが発散または収束するように過剰に補正されるため、不適当と思われた。

2 - 2 多層式 ADCP

青鵬丸の多層式 ADCP について
昨年度は機器不調のため航法モードにおける精度の検討はできなかつたが、今年度は比較的良好に収録された 8 月のデータを用いて、精度の検討を行った。

系統誤差の補正前の流況は針路方向の右側に片寄っていたため（図 3）、山田（1995）の方法³⁾に従って補正係数を見積ったところ（図 4）、 $\alpha = 11.4^\circ$ （平均船速 568.4cm/s、平均流速 113.0cm/s（巡航速度 510～620cm/s の範囲）、 $\sin \alpha = 0.198$ ）が算出された。

この補正係数を付加して作画したところ（収録ソフト（株）SEA 社製

表 5 系統誤差補正係数算出結果表（日本海）（東奥丸JRC3層式）

No	調査月	対地モード		対水モード		潮流データの良否
		α°	$1+\beta$	α°	$1+\beta$	
1	2000年04月	☆ -0.6	1.00	-1.1	0.99	○
2	2000年06月	☆ 0.0	1.00	0.4	1.06	○
3	2000年09月	☆ 0.1	1.00	-0.4	1.03	△
4	2000年11月	☆ 0.0	1.00	-0.5	1.01	○
5	2001年02月	☆ 0.0	0.99	-0.4	1.00	○
6	2001年03月	☆ 0.2	☆ 1.00	☆ 0.2	☆ 1.02	△
		平均	-0.1	1.0	-0.3	1.0

☆印：妥当と思われる補正モードの補正係数（両モードに付いているのはどちらの補正係数でも差がほとんどない場合）

※判断基準：○=概ね良好、△=不良箇所ややみられる、×=不良箇所多い。

表 6 系統誤差補正係数算出結果表（太平洋）

No	調査月	対地モード		対水モード		潮流データの良否
		α°	$1+\beta$	α°	$1+\beta$	
(開運丸JRC3層式)						
1	2001年08月	☆ 0.0	1.00	-1.5	0.85	△
2	2000年12月	☆ 0.1	1.00	-1.4	1.00	○
3	2001年03月	☆ -0.6	1.00	-2.6	1.03	△
		平均	-0.2	1.00	-1.8	0.96
(東奥丸JRC3層式)						
1	2001年06月	☆ 0.0	1.00	-0.4	1.01	△

☆印：妥当と思われる補正モードの補正係数

※判断基準：○=概ね良好、△=不良箇所ややみられる、×=不良箇所多い。

WinTransect の PlayBack Mode で「船首方向からの船底振動子取付基準座標のずれ」の設定コマンド EA04500 を EA03360 (初期値 45.0° - 補正係数 $11.4^\circ = 33.6^\circ$) に変更し、再度 Process Data を作成)、比較的良好に補正されたことから、この方法により補正係数の算出が可能なことが分かった。

一方、開運丸の多層式 ADCP については、機器不安定等のため良好に作画できたのは 12 月のみであったが、水温・塩分分布および 3 層式 ADCP 流況図と比較し、特段補正処理する必要はないものと考えられた。このため流況図は補正処理していない図である。今後もデータを確認のうえ必要に応じて青鵬丸と同様の方法で補正処理を行っていく予定である。

なお、各調査における流況（補正処理後）と水温との重ね合せ図は図 5～19 に示した。

3 海況の特徴等について

3-1 日本海

6 月の沖合海洋観測で東経 138 度 30 分付近の表層（水深 50m 以浅）に高塩分水が分布し（図 20）、平均的海況の塩分分布^{1), 2)} に比べ、より沖合域かつ塩分値が高く、さらに早い出現と考えられた。

また、沿岸域における高塩分水の動向についても、芦作崎線 st.2 (北緯 40 度 36.6 分、東経 139 度 40 分) における季節変化を 1999、2000 年で比較すると（図 21）、春季における塩分は約 0.2 高く、対馬暖流系水（塩分 34.1psu 以上の水塊）の移流傾向は強めだったものと想定された。沿岸域の高塩分水の分布は、6 月に本県沖合域でみられた高塩分水よりも深い水深帯に分布していることなどから、その流路は異なるものと考えられ、対馬暖流のそれぞれ沿岸分枝と沖合分枝にあたるものと推察される。

いずれにしても、春季の沿岸域および沖合域でみられた高塩分水の早い出現から対馬暖流の流れが強めの傾向にあったものと推察され、これを裏付ける特異現象として、本県沖でも特に 5～6 月にみられ、日本海全域でも例年より高範囲かつ大量に出現したクラゲ類の動向⁴⁾ と対応しているように思われた。この他の特徴として、5～6 月および 11～12 月に上流域から北上してきたと思われる暖水域が本県沖に分布し、北方冷水域との潮境付近で比較的速い流れが観測された。

3-2 太平洋

太平洋は日本海に比べ複雑な海況（津軽暖流、親潮、暖水塊等が入り組んでいる）のため、収録された ADCP データを用いて、各水塊ごとの平均循環流速を算出する作業を行った。

まずは、東北全体の海況を把握するために太平洋ブロック各県共通に 2000 年 9 月分の ADCP データを使用して解析を行った。本県の場合は 2000 年 8 月 21～25 日、太平洋定線海洋観測時に開運丸に搭載されている JRC 社製 3 層式 ADCP で測流した水深 150m 層（第 3 層）のデータを使用し、系統誤差補正ソフトで補正した（補正角 $\alpha = 0.0^\circ$ 、 $1 + \beta = 1.00$ ：対地モード）後に平均循環流速を計算した。

平均循環流速の算出方法は、水産庁東北区水産研究所の指導方法に準じて行い、基本的には各観測点間で南北・東西成分に分類して平均し、細かくは水温・塩分の分布状況とも比較しながら各水塊ごとにおおよその平均の範囲を決めて算出した。各水塊ごとの平均循環流速に分類した流速ベクトルと水温の重ね合せ図及び算出結果表は図 22 及び表 7 にそれぞれ示した。

2000 年 9 月の本県太平洋沖の海況は、東経 142 度 40 分付近まで津軽暖流（水温 10°C 以上）が張り出し、その沖合域は広く親潮系冷水（水温 10°C 以下）に覆われている分布であった。

平均循環流速では、尻屋崎線の東経142度40分以西の津軽暖流は1.5knot強の東向流、東経142度40分付近の津軽暖流と親潮との潮境で2.0knot強の南下流、沿岸域の津軽暖流域内では0.5knot程度の弱い東向流、鮫角沖の津軽暖流は1.0knot程度の南下流が算出され、そして東経143～145度の親潮域では0.3knot程度の弱い南下流、その沖合の東経145度20分の親潮域では0.5knot程度の弱い北上流が算出された。今回の結果は水温分布等とよく対応しており、比較的良好な解析結果と考えられる。

考 察

3層式ADCPについては、昨年度開発された「系統誤差補正ソフト」を用いて系統誤差を見積り、高精度なADCPデータの蓄積を図った。また、多層式ADCP（航法モード）についても補正方法が確認でき、高精度なデータの蓄積を図っていく見通しが立った。

海況の特徴等の把握について、日本海では特に春季における特徴的な現象等について関連情報等から整理した。太平洋では2000年9月分のADCPデータを使用して水塊構造の解析を行った結果、その妥当性が確認された。

今後は、今年度検討した方法等に従って、蓄積されているADCPデータについて水塊構造の解析等を行い、季節・経年変動等の海況特性を把握したいと考えている。

文 献

- 1) 天野勝三 (1986) 青森県沖合の海況変動に関する研究その2. 青森県水産試験場
- 2) 佐藤晋一 (1998) 青森県舩作崎西方における対馬暖流の地衡流量について. 平成9年度青森県水産試験場事業報告 : 179-200
- 3) 山田東也 (1995) 航法船速を用いたADCPデータの補正. 日水研報告、(45) : 79-82
- 4) 黒田一紀・森本晴之・井口直樹 (2000) 2000年の日本海におけるサルバ類とクラゲ類の大量出現. 水産海洋研究, 64 (4) : 311-315

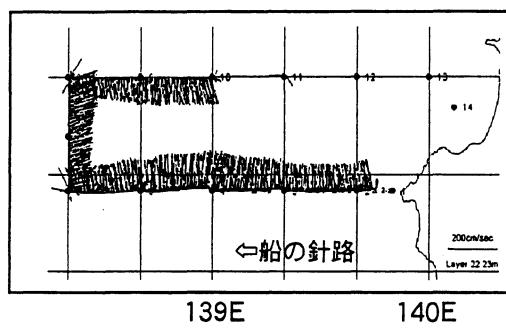


図3 2000年8月上旬の流況（青鵬丸 RD）
(補正前：針路方向右側に片寄る)

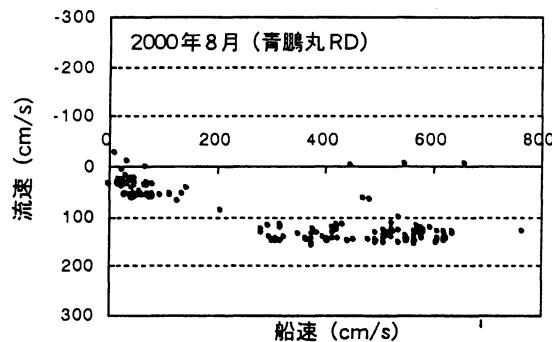


図4 船速と針路に直角方向の流速との関係
(航法モード、データ数256)

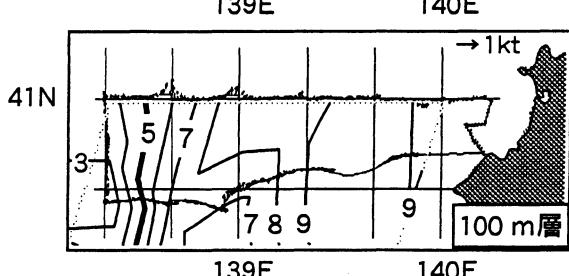
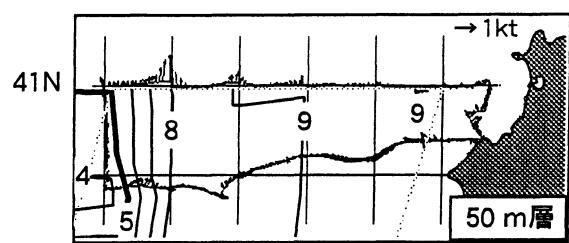
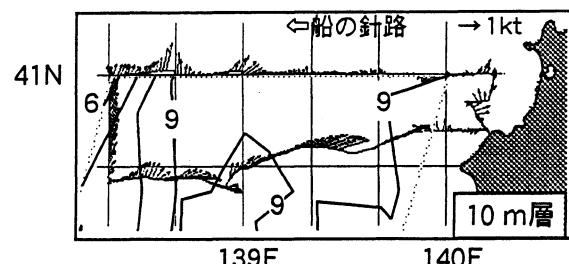


図5 2000年4月上旬の流況（東奥丸 JRC）
(最高流速10m層1.2kt)

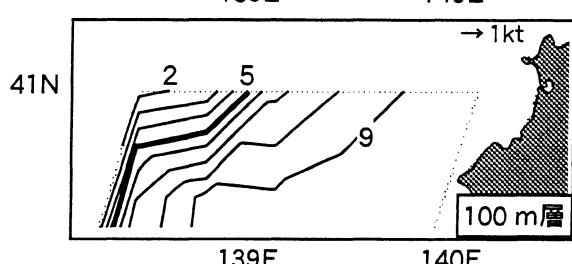
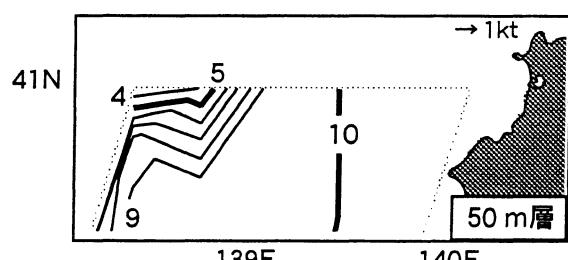
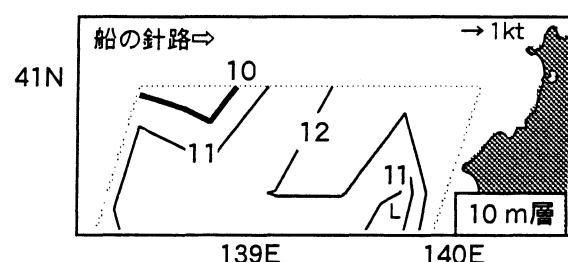


図6 2000年5月上旬の流況（東奥丸 JRC）
(水温水平分布のみ)

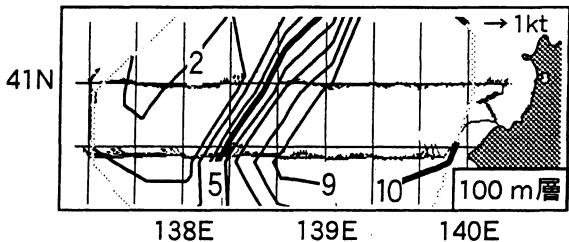
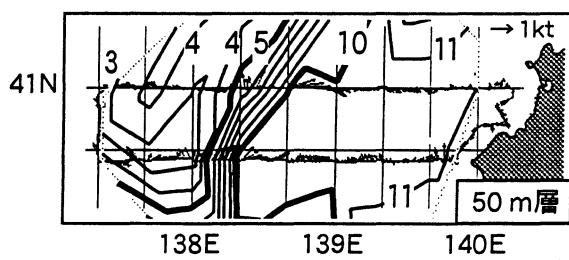
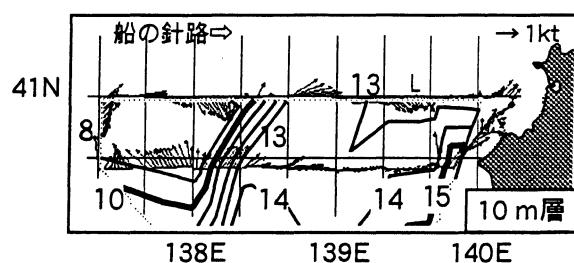


図7 2000年6月上旬の流況（東奥丸 JRC）
(最高流速10m層1.3kt)

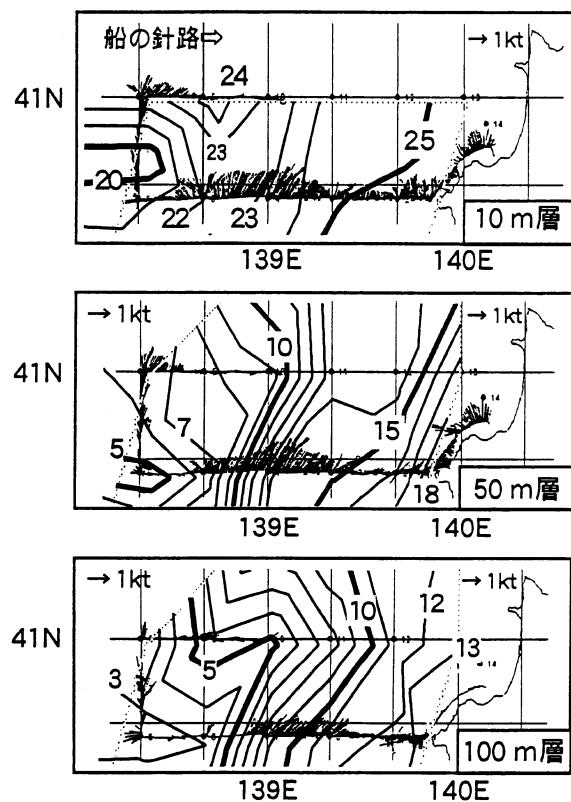


図8 2000年8月上旬の流況 (青鵬丸 RD)
(最高流速 10・50m層 1.8kt)

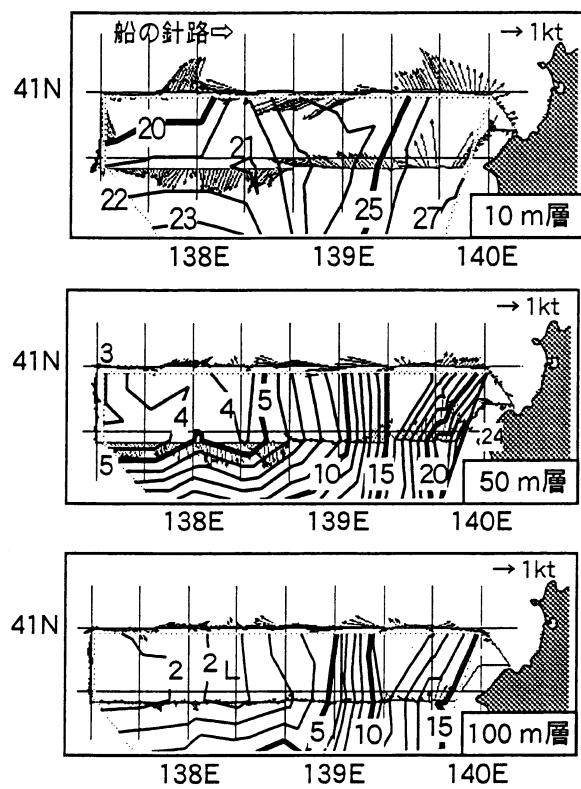


図9 2000年9月上旬の流況 (東奥丸 JRC)
(最高流速 10m層 1.6kt)

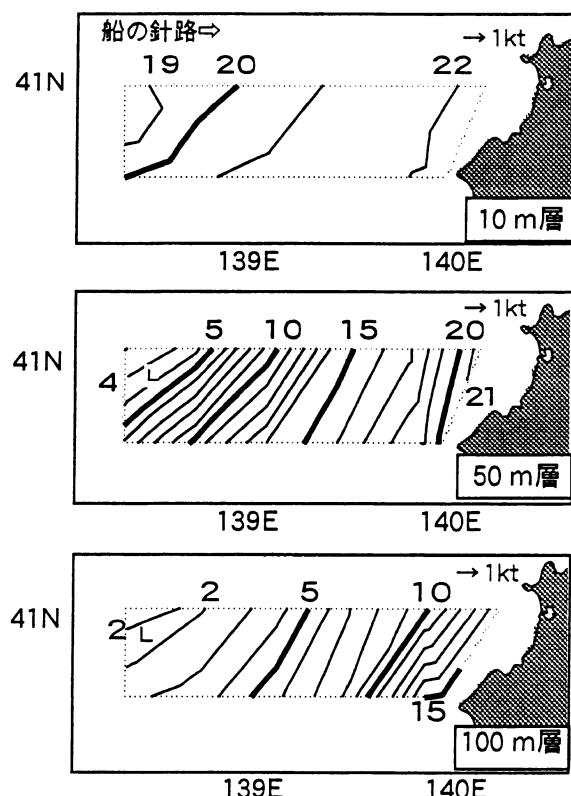


図10 2000年10月上旬の流況 (青鵬丸 RD)
(水温水平分布のみ)

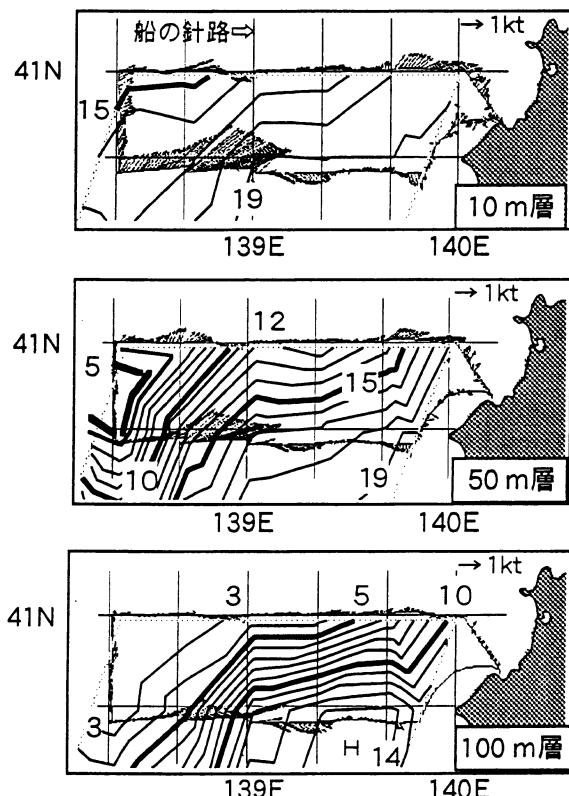


図11 2000年11月上旬の流況 (東奥丸 JRC)
(最高流速 10m層 2.1kt)

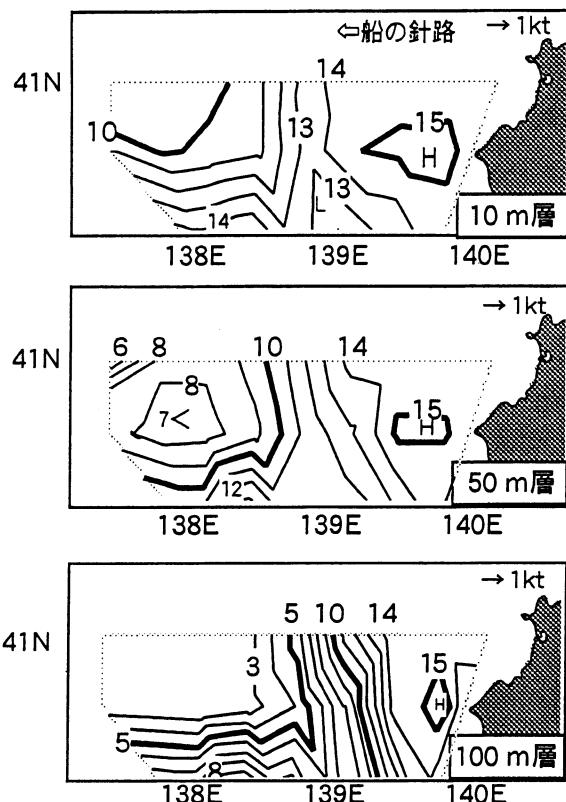


図12 2000年12月上旬の流況（東奥丸JRC）
(水温水平分布のみ)

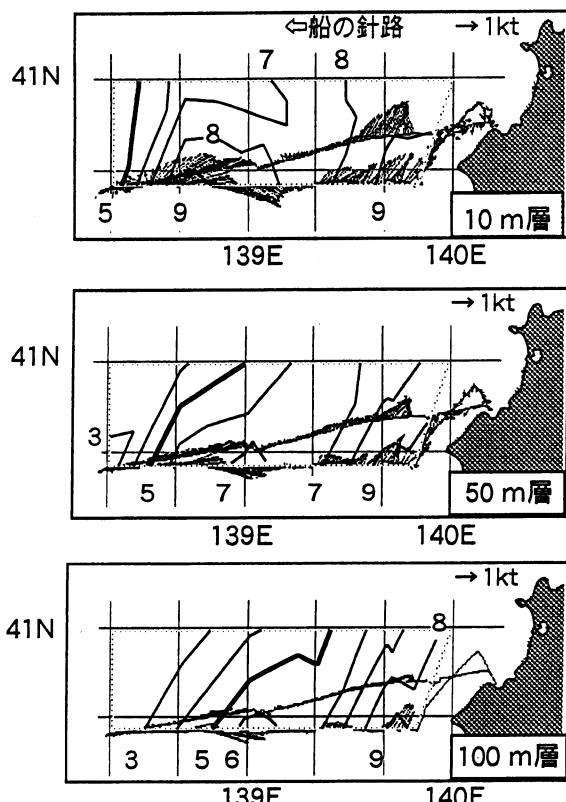


図13 2001年2月下旬の流況（東奥丸JRC）
(最高流速10m層 1.5kt)

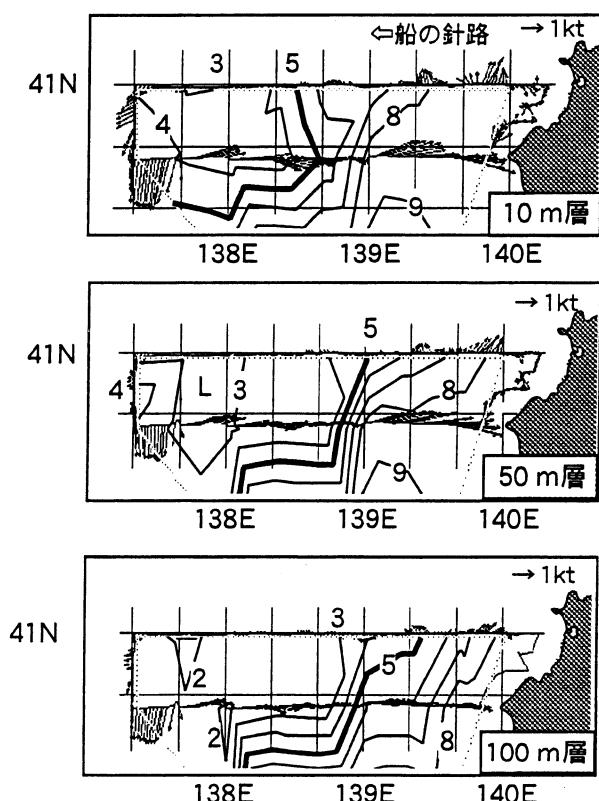


図14 2001年3月上旬の流況（東奥丸JRC）
(最高流速10m層 1.8kt)

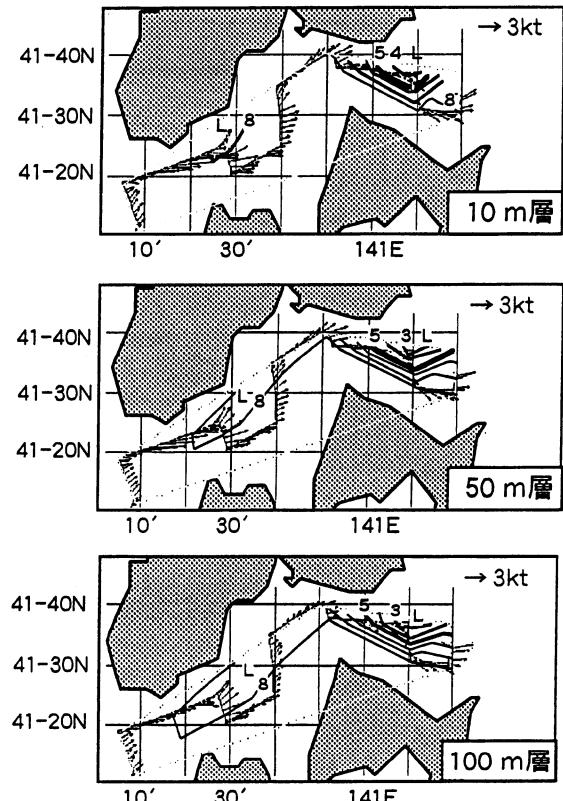


図15 2001年3月津軽海峡内の流況（東奥丸JRC）
(最高流速10m層 3.4kt)

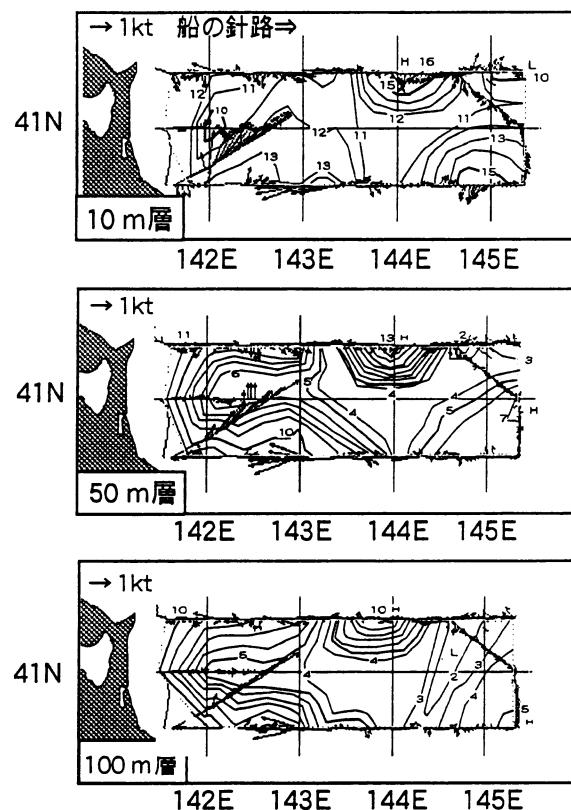


図 16 2000年6月の流況（東奥丸 JRC）
(最高流速 10m 層 1.0kt)

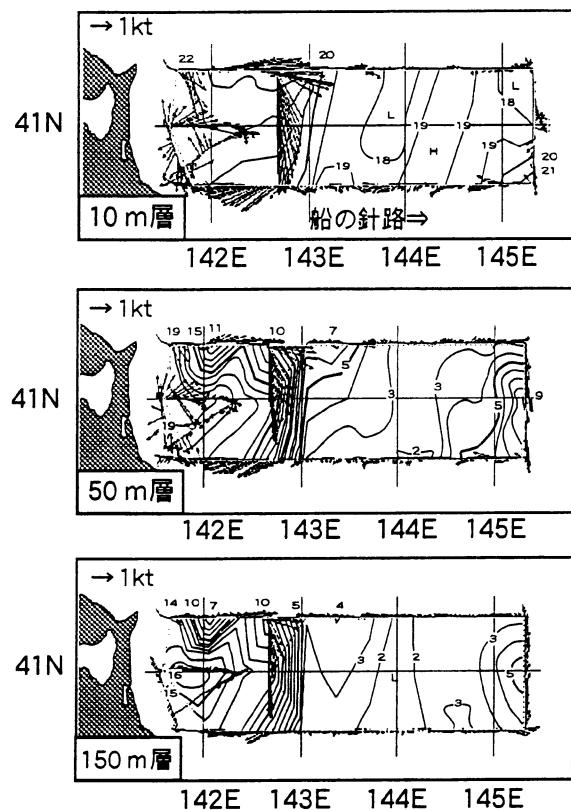


図 17 2000年9月の流況（開運丸 JRC）
(最高流速 10m 層 3.0kt)

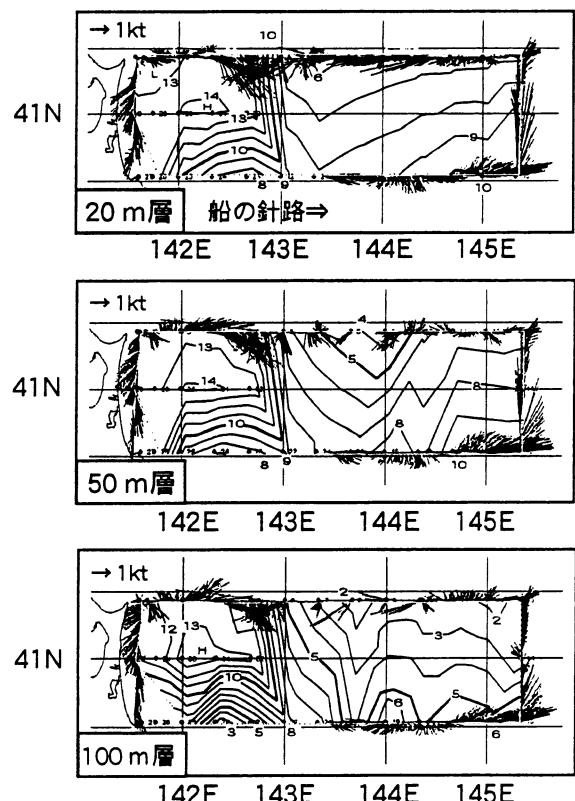


図 18 2000年12月の流況（開運丸 RD）
(最高流速 10m 層 1.8kt)

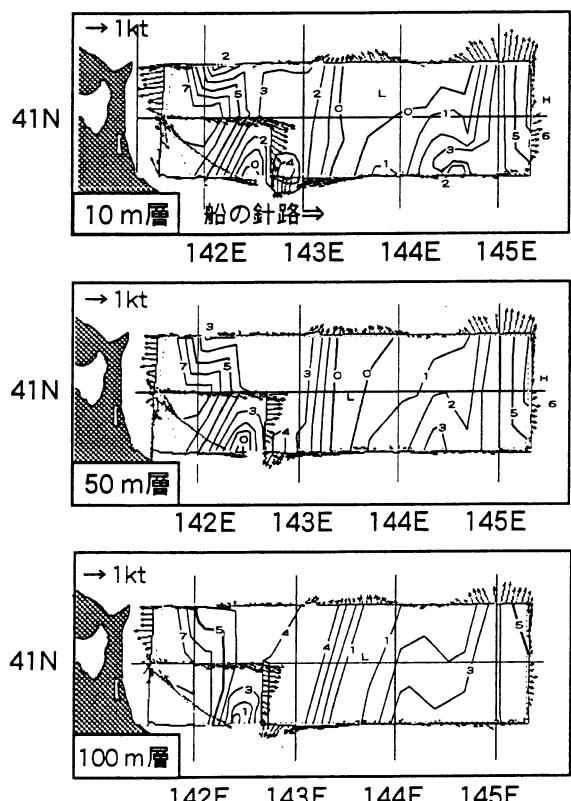


図 19 2001年3月の流況（開運丸 JRC）
(最高流速 10m 層 1.3kt)

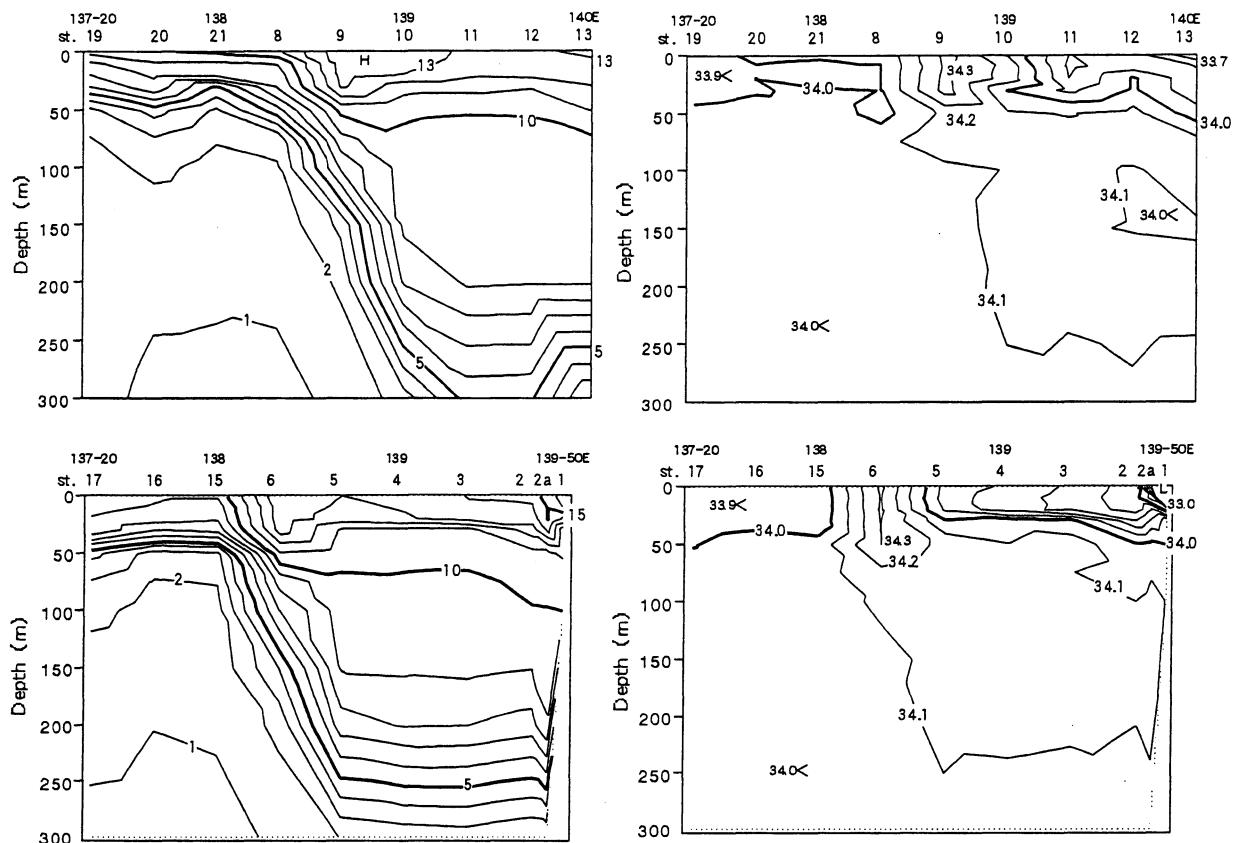


図20 2000年6月日本海の水温・塩分分布図（上図：十三線、下図：船作崎線）

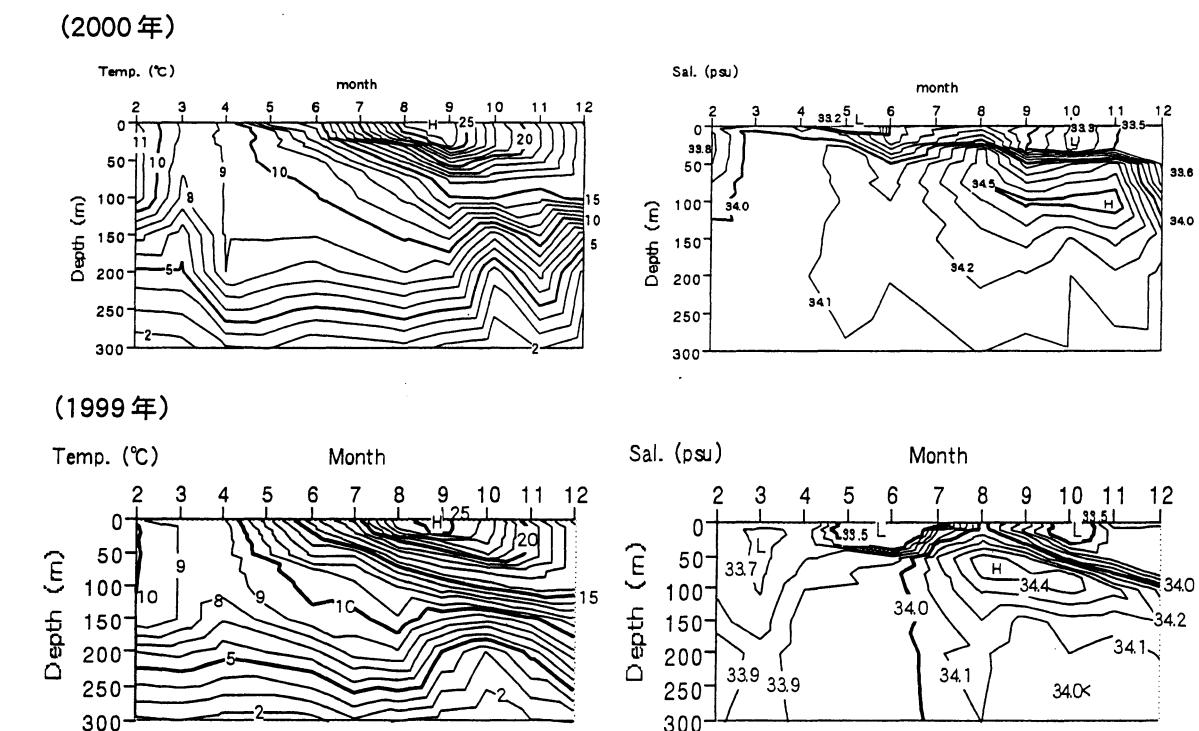


図21 船作崎線観測点 st.2 (40-36.6N・139-40E) における1999、2000年水温・塩分分布の季節変化（上図：2000年、下図：1999年観測結果）

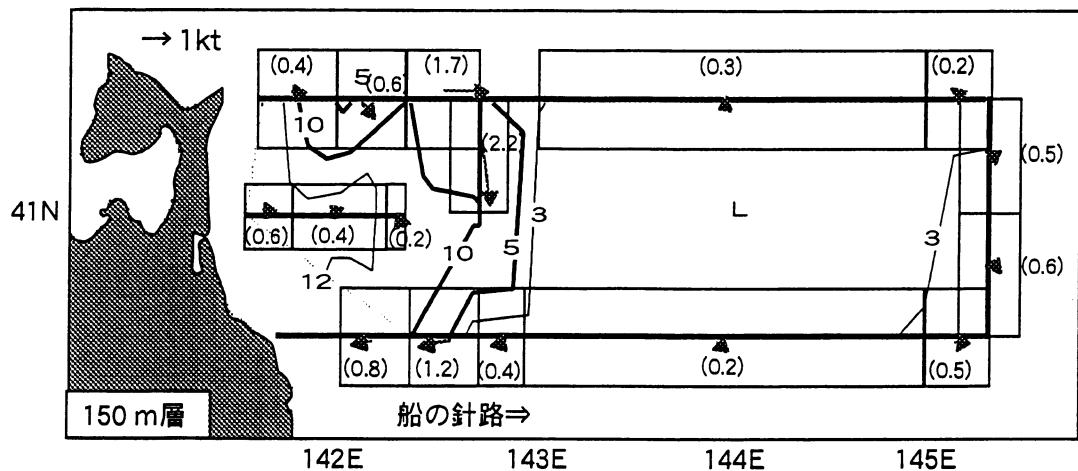


図22 各水塊ごとの平均循環流速ベクトル図 (() 内が平均流速、単位 : knot)

表7 各水塊ごとの平均循環流速算出結果表 (2000年9月分、水深150m層)

鉢角線 (40-32N線)

始点 (東経)	終点 (東経)	平均流速 (knot)	平均流向 (°)	水温変化 (°C)	塩分変化 (psu)	水塊
141-40	142-00					
142-00	142-20	0.76	262	10	34.0	Tw
142-20	142-40	1.19	259	10~2	34.0~33.1	Tw~O ₁
142-40	142-55	0.35	258	2~1	33.1~33.2	O ₁
142-55	145-00	0.21	135	1~3	33.2~33.3	O ₁
145-00	145-20	0.45	97	3	33.3	O ₁

沖合南北線 (145-20E線)

始点 (北緯)	終点 (北緯)	平均流速 (knot)	平均流向 (°)	水温変化 (°C)	塩分変化 (psu)	水塊
40-32	41-00	0.57	28	3	33.3	O ₁
41-00	41-26	0.50	58	3~2	33.3	O ₁

尻屋線 (41-26N線)

始点 (東経)	終点 (東経)	平均流速 (knot)	平均流向 (°)	水温変化 (°C)	塩分変化 (psu)	水塊
145-20	145-00	0.20	306	2	33.3	O ₁
145-00	143-00	0.30	246	1~3	33.2~33.3	O ₁
(東経142-40E線上)						
41-00N	41-26N	2.18	175	10~5	34.0~33.5	(Tw~O ₁)
142-40	142-20	1.65	91	5~10	33.5~34.0	O ₁ ~Tw
142-20	142-00	0.64	135	10~4	34.0~33.3	Tw~O ₁
142-00	141-35	0.40	86	4~12	33.3~34.2	O ₁ ~Tw

出戸線 (41-00N線)

始点 (東経)	終点 (東経)	平均流速 (knot)	平均流向 (°)	水温変化 (°C)	塩分変化 (psu)	水塊
142-20	142-15	0.22	100	11~13	34.0~34.1	Tw
142-15	141-45	0.39	67	13~12	34.1~33.8	Tw
141-45	141-30	0.63	84	13	33.8~34.1	Tw

※観測のため停船している時のデータはやや異常傾向が見られる場合が多いので、
平均 (流速・流向) には加えていない。

(凡例) 水塊 Tw : 津軽暖流、O₁ : 親潮第1分枝