

津軽海峡の流量調査

(青函交流プロジェクト)

高橋 進吾・佐藤 晋一

はじめに

日本海は、対馬海峡、関門海峡、津軽海峡、宗谷海峡、間宮海峡の5海峡で外海と連絡しており(図1)、対馬暖流のほぼ全流量は対馬海峡から流入し、そのほとんどが津軽海峡と宗谷海峡から流出すると考えられる。したがって、3海峡の流況が、日本海を出入りする魚類等に与える影響は小さくないと推測される。しかしながら、海峡をはさむ両岸は対馬海峡・宗谷海峡では国が異なるため、調査は容易ではない。これに対し、津軽海峡は両岸とも本邦であるため支障がない。

一方、各試験船には航行しながら流向流速を実測する超音波式流向流速計(以下「ADCP」という。)と呼ばれる測機が搭載されており、このデータの活用に努めているところである。

以上の状況の中で、1993年、青函交流プロジェクトの共同研究テーマとして「ADCPによる津軽暖流の流量調査」が提案され、津軽暖流の絶対流量の測定手法を確立し、津軽暖流の流量の季節変動や経年変動等を把握することを目的に調査が進められている。

本年度もこれまでと同様の方法でデータの収集・蓄積を図ったので、その概要を報告する。

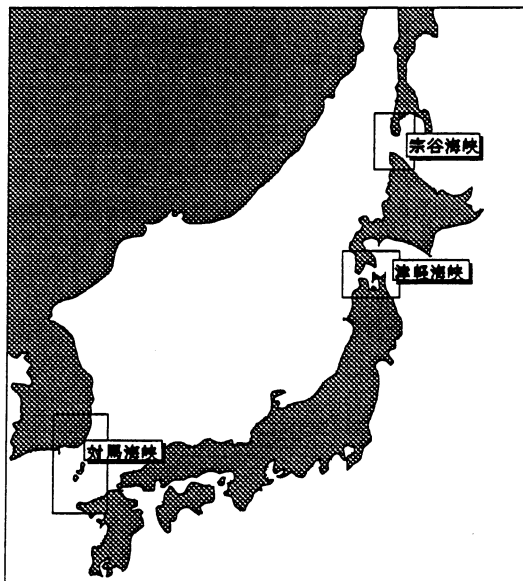


図1 日本海全容図

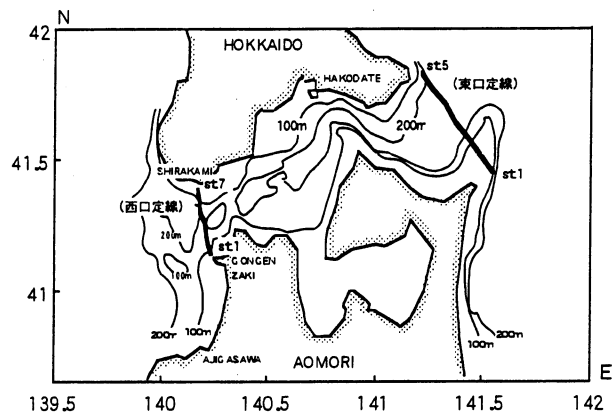


図2 観測定線図

※本報告は函館水試との共同調査の一部である。北海道側の担当者は下記のとおり。

函館水試：西田芳則・鹿又一良、北海道中央水試：田中伊織

材料と方法

津軽暖流の水深別流向流速の測定は、青鵬丸（RDI社製）、東奥丸（JRC社製）および開運丸（RDI社製・JRC社製）の ADCP を使用し、図 2 に示す海峡西口・東口の観測定線について、4 往復横断観測を行った。調査は定線上を 24 時間 50 分で 4 往復し、定線上の任意の測点を通過する 8 回の観測時刻は、半日（12 時間 25 分）あるいは 1 日（24 時間 50 分）の潮汐周期で互いに相殺する位相となるように計画した。また、海洋構造を把握するため、各調査（西口定線 7 定点、東口定線 5 定点）で任意の 1 横断時に CTD による海洋観測を行った。

測流水深は、3 層式 ADCP による西口定線での場合は 10・50・90 m 層に、東口定線での場合は 10・50・100 m 層に設定、そして多層式 ADCP の場合は 8 m ごとに設定した。データ収録間隔は、青鵬丸と開運丸の多層式 ADCP の場合は 1 分平均のデータを 1 分間隔、東奥丸と開運丸の 3 層式 ADCP の場合は 8 分平均のデータを 1 分間隔で MO または FD に収録した。

津軽暖流の流量は、3 層式 ADCP と青鵬丸の多層式 ADCP の場合は流向流速データの定線垂直方向成分から定点間ごとの水深別平均流速を求め、断面積との積により算出した。開運丸の多層式 ADCP の場合は、基本的には収録ソフトで自動的に計算される 1 横断ごとの値（流量）を使用した。

なお、卵稚仔の輸送等に影響を及ぼす海流の勢力を把握するためには、潮流成分（日周潮、半日周潮流）を除去した平均的な流れとして捉えることが必要であり、そのため、潮流成分を除去した津軽暖流の流量（流速）の算出は、4 往復で得られた 8 回分の流量（流速）を平均することで求めた。

結 果

流向流速データ収録状況

ADCP による 4 往復横断観測は、表 1 のとおり各試験船により年 4 回行った。

このうち海峡西口での 8 月と 3 月は、観測途中から時化模様となったため半分の 4 横断までの調査となった。また、11 月と 2 月に東奥丸で予定していた調査は時化のためできなかった。

表 1 流向流速データ収録状況

調査年月日	調査船名	調査定線	ADCP機種名	測定層	収録状況
2000. 7.26~27	青鵬丸	西口	RD-10201300	多層(層厚8m)	良好
2000. 8.25~26	"	"	"	"	"
2001. 3.17~18	"	"	"	"	"
2000. 8.25~26	開運丸	東口	RD-9HP075P JRC JLN-615	多層(層厚8m) 3層(10・50・100m)	良好 "

西口定線

各調査の調査概要および流量の変化を表 2～4 および図 3 に示した。また図には相関が高い深浦と函館の水位差の変化も合わせて示した。なお、8 月と 3 月の 5～8 横断目の流量は実測できなかったもので水位差から推定した値である。各調査ともこれまでの調査結果と同様に、流量と水位差の時間変化は良く対応していた。

一方、平均流速は、8 横断観測ができた 7 月のみ算出し図 4 に示した。これまでの調査結果と同様に北海道側で東向き成分の流れが強く、また昨年同時期とほぼ類似した流速分布であった。

表2 調査概要 (7月、青鵬丸)

横断	年月日	開始時間	終了時間	流量 (Sv)
1	7月26日	0715	1015	2.670
2		1022	1322	2.326
3		1329	1629	1.895
4		1636	1936	1.699
5		1944	2244	0.999
6	7月27日	2251	0151	0.534
7		0158	0458	1.380
8		0505	0805	2.579
				1.760

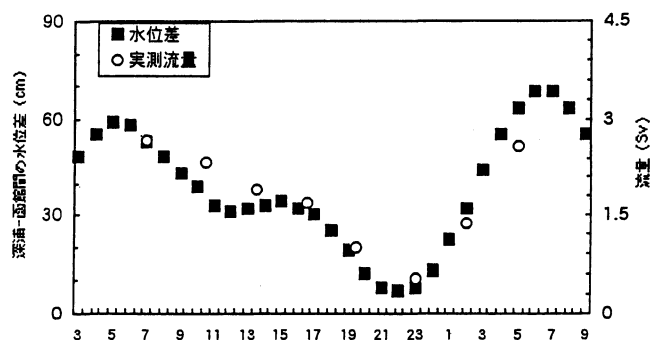


表3 調査概要 (8月、青鵬丸)

横断	年月日	開始時間	終了時間	流量 (Sv)
1	8月25日	0845	1145	2.847
2		1152	1452	2.169
3		1459	1759	1.306
4		1806	2106	0.700
5		2114	0014	0.504
6	8月26日	0021	0321	0.846
7		0328	0628	2.410
8		0635	0935	3.827
				1.826

※5～8横断は、1～4横断の実測流量と水位差との関係式からの推定流量。

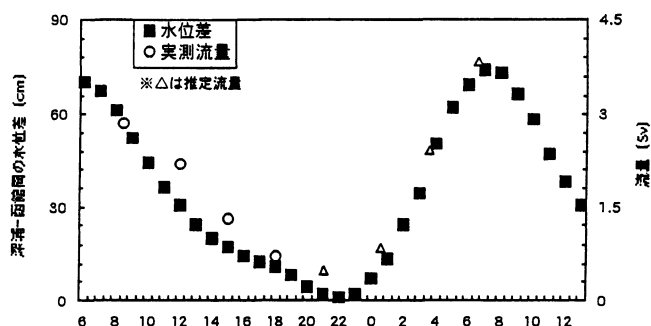


表4 調査概要 (3月、青鵬丸)

横断	年月日	開始時間	終了時間	流量 (Sv)
1	3月17日	1130	1430	1.143
2		1437	1737	2.071
3		1744	2044	2.550
4		2051	2351	2.212
5	3月18日	2359	0259	1.222
6		0306	0606	1.004
7		0613	0913	0.568
8		0920	1220	0.496
				1.408

※5～8横断は、1～4横断の実測流量と水位差との関係式からの推定流量。

(凡例) 流量の単位: Sv=10⁶m³/s

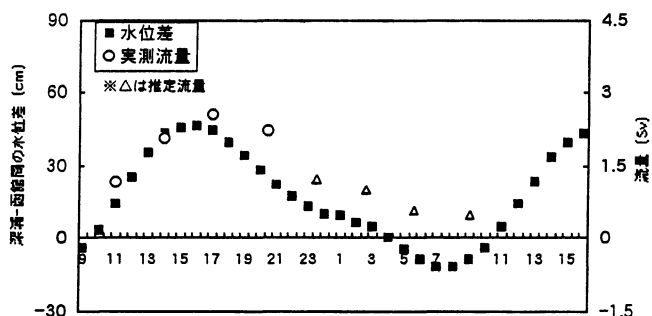


図3 横断ごとの流量と水位差の時間変化
流量のプロットは各横断の調査開始時の時間。
上図から7月、8月、3月。

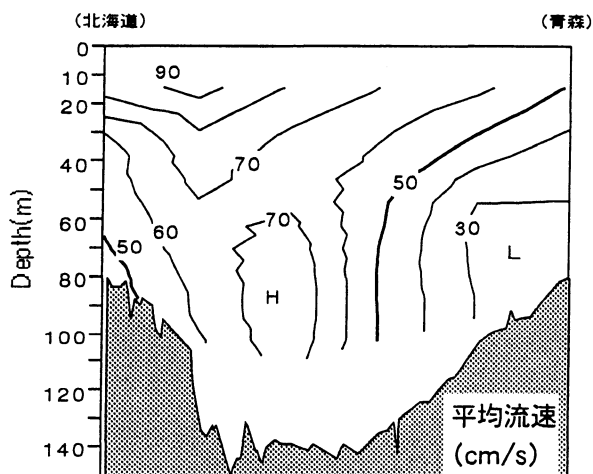


図4 潮流成分 (日周潮、半日周潮流) を除去した津軽暖流の平均流速の鉛直分布 (7月、西口)
東向きの流れを正、西向きの流れを負とした。

東口定線

過去2年は11月の調査であったが、本年度は夏季の状況を把握するため8月に調査を行った。

調査概要および流量と水位差の変化を表5および図5に示した。流量と水位差の時間変化は、過去2回の調査と同様に良く対応していた。両者の相関はこれまでで最も高く $r=0.99$ であった。

一方、平均流速（図6）は、海峡中央～やや青森寄りに強流部がみられ、昨年11月に比べやや中央寄りの流速分布であった。

表5 調査概要（8月、開運丸）

横断	年月日	開始時間	終了時間	流量 (Sv)
1	8月25日	0435	0735	3.275
2		0742	1042	3.499
3		1049	1349	2.359
4		1356	1656	1.710
5		1704	2004	1.194
6		2011	2311	0.789
7	8月26日	2318	0218	0.983
8		0225	0525	1.846
				1.957

（凡例）流量の単位： $Sv=10^6 m^3/s$

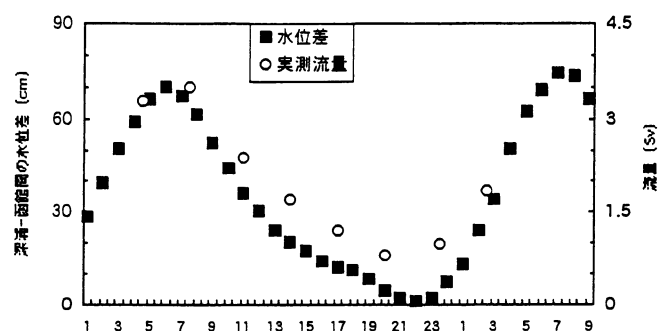


図5 横断ごとの流量と水位差の時間変化
流量のプロットは各横断の調査開始時の時間。

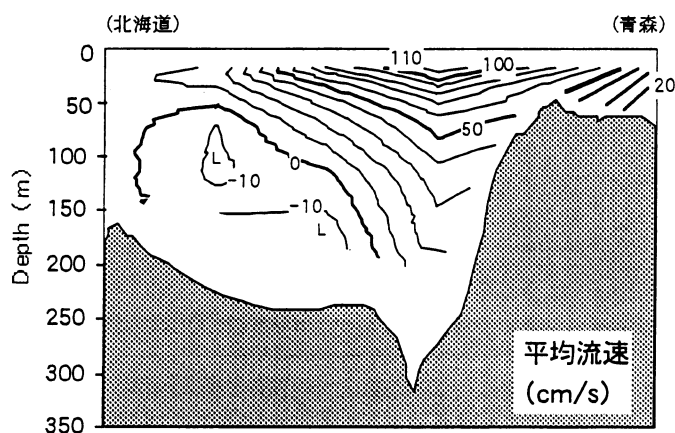


図6 潮流成分（日周潮、半日周潮流）を除去した津軽暖流の平均流速の鉛直分布（8月、東口）
東向きの流れを正、西向きの流れを負とした。

考 察

1993（平成5）～2000（平成12）年度に青函交流プロジェクトで測流され、流量が算出された西口定線における調査結果を表6および図7に、東口定線の結果を表7に示した。

西口定線における潮流成分（日周潮、半日周潮流）を除去した津軽暖流の流量は、最大で11月（1999年）の2.24Sv、最小で3月（1995年）の1.17Svで、平均は1.57Svとなった。本年度は、ほぼ近年並みで推移したものと思われる。

東口定線における潮流成分（日周潮、半日周潮流）を除去した津軽暖流の流量は、本年度は1.96Svで、過去2回（いずれも11月調査）に比べ少なめだった。

表6 潮流成分を除去した津軽暖流の流量（西口定線）

No.	調査年月日	流量 (Sv)	調査機関	ADCP機種
1	1993 11 10 ~ 11	1.20	函館水試 金星丸	JRC
2	1994 7 5 ~ 7	1.55	"	"
3	9 21 ~ 22	1.60	"	"
4	9 26 ~ 27	1.55	青森水試 東奥丸	"
5	1995 3 14 ~ 15	1.17	函館水試 金星丸	"
6	9 18 ~ 19	1.35	"	"
7	12 4 ~ 5	1.73	"	"
8	1996 3 28 ~ 29	1.30	"	"
9	6 12 ~ 13	1.33	"	"
10	8 28 ~ 29	1.41	青森水試 東奥丸	"
11	9 3 ~ 4	1.47	函館水試 金星丸	"
12	12 2 ~ 3	1.83	"	"
13	1997 5 12 ~ 13	1.63	青森水試 青鵬丸	FURUNO
14	6 11 ~ 12	1.54	函館水試 金星丸	JRC
15	6 30 ~ 7/1	1.99	青森水試 青鵬丸	FURUNO
16	9 1 ~ 2	1.84	" 東奥丸	JRC
17	9 1 ~ 2	1.83	函館水試 金星丸	"
18	11 4 ~ 6	1.44	青森水試 開運丸	RFI
19	1998 3 2 ~ 3	1.22	函館水試 金星丸	JRC
20	6 9 ~ 10	1.62	青森水試 青鵬丸	FURUNO
21	7 23 ~ 24	1.62	函館水試 金星丸	JRC
22	8 5 ~ 6	1.54	青森水試 青鵬丸	FURUNO
23	10 6 ~ 7	1.60	函館水試 金星丸	JRC
24	11 26 ~ 27	1.40	"	"
25	1999 3 7 ~ 8	1.40	"	"
26	7 6 ~ 7	1.70	"	"
27	7 7 ~ 8	1.72	青森水試 青鵬丸	RFI
28	9 16 ~ 17	1.40	函館水試 金星丸	JRC
29	11 19 ~ 20	2.24	青森水試 東奥丸	"
30	2000 2 14 ~ 15	1.46	青森水試 東奥丸	"
31	7 10 ~ 11	1.51	函館水試 金星丸	JRC
32	7 26 ~ 27	1.76	青森水試 青鵬丸	RFI
33	8 25 ~ 26	1.83	"	"
34	9 19 ~ 20	1.70	函館水試 金星丸	JRC
35	3 17 ~ 18	1.41	青森水試 青鵬丸	RFI
	平均	1.57		

表7 潮流成分を除去した津軽暖流の流量（東口定線）

No.	調査年月日	流量 (Sv)	調査機関	ADCP機種
1	1998 11 5 ~ 6	2.09	青森水試 開運丸	JRC
2	1999 11 18 ~ 19	2.52	"	RFI
3	2000 8 25 ~ 26	1.96	"	RFI
	平均	2.19		

8月の調査では西口、東口で約12時間の合同運航ができた。その時の流量と水位差の時間変化を図8に示した。24時間50分の合同運航でないため、海峡西口と東口の位相（流量の時間変化）が同じと断定はできないが、約12時間での変化は対応しており、ほぼ同じ位相で変化する可能性が高いと推察される。今後も調査を重ね検証していきたい。

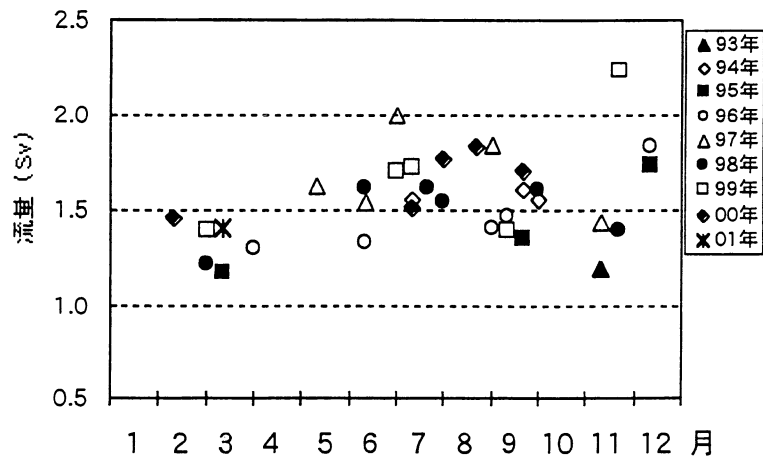


図7 潮流成分（日周潮、半日周潮流）を除去した
津軽暖流流量の季節変化（西口定線）

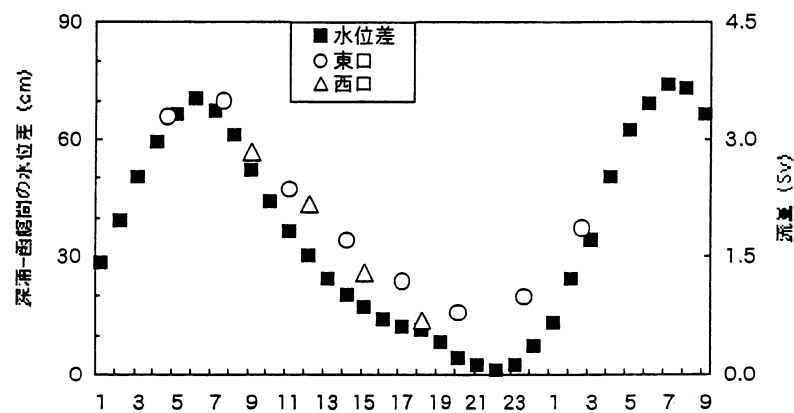


図8 海峡西口・東口における流量と水位差の時間変化
(2000年8月25～26日)

各調査で行った海洋観測結果について、西口定線における水温・塩分分布を図9、東口定線における水温・塩分分布を図10にそれぞれ示した。なお、西口の7月の観測では塩分センサーの異常により水温のみの観測となった。

西口定線における水温・塩分分布は、これまでの結果と同様に日本海における分布と対応した形態となっており、本年度は夏季における表面水温が昨年度に比べやや高めの傾向にあった。

一方、東口定線における水温・塩分分布は、尻屋崎北東沖の水深50m付近に塩分34.2台の高塩分域がみられ、塩分極大値は過去2カ年の11月と比べ約0.2高かった。また北海道側の表層に塩分33.0以下の低塩分水が分布し、これは過去2カ年の11月にはみられなかった。一方で北海道側の底層付近の水温・塩分は4～5℃台、33.4～33.5台と8月と11月で大きな差はみられなかった。また同時期に行った西口定線と比べると表面水温で約3℃、塩分極大値で約0.2の差がみられ、いずれも東口の方が低かった。

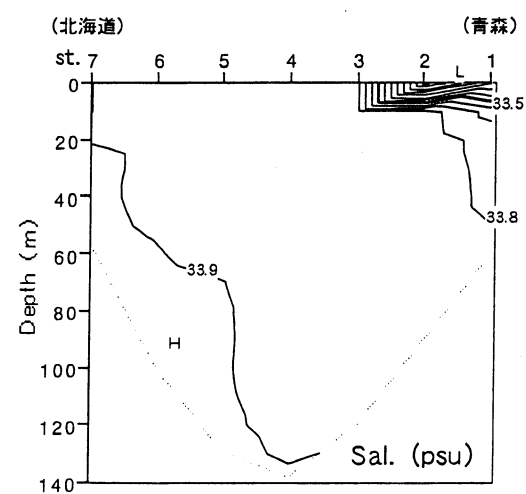
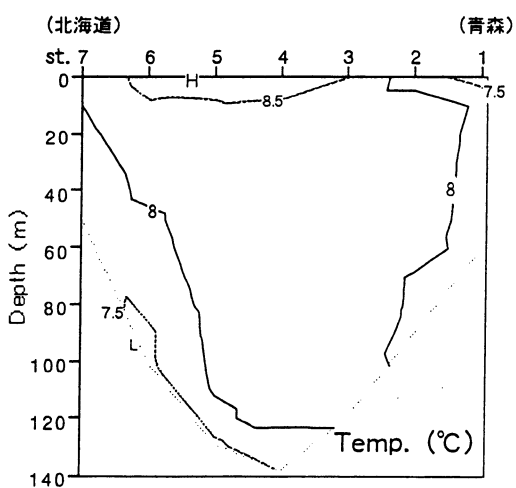
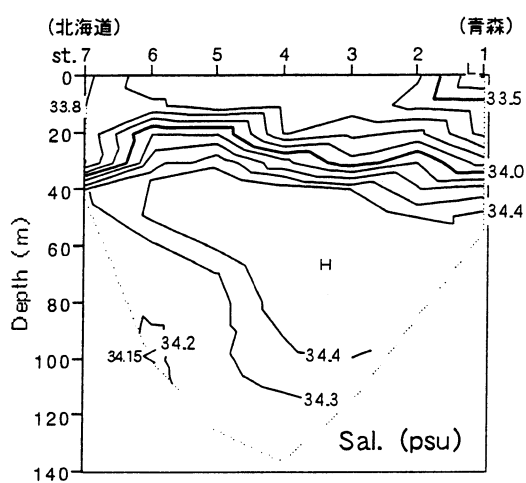
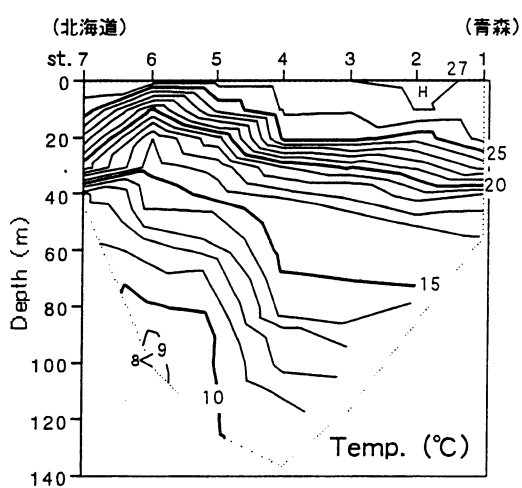
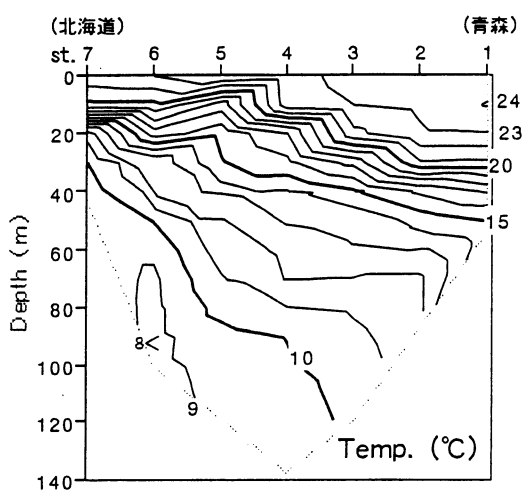


図9 西口定線における水温・塩分分布図
上図から7月、8月、3月（いずれも1横断面観測）

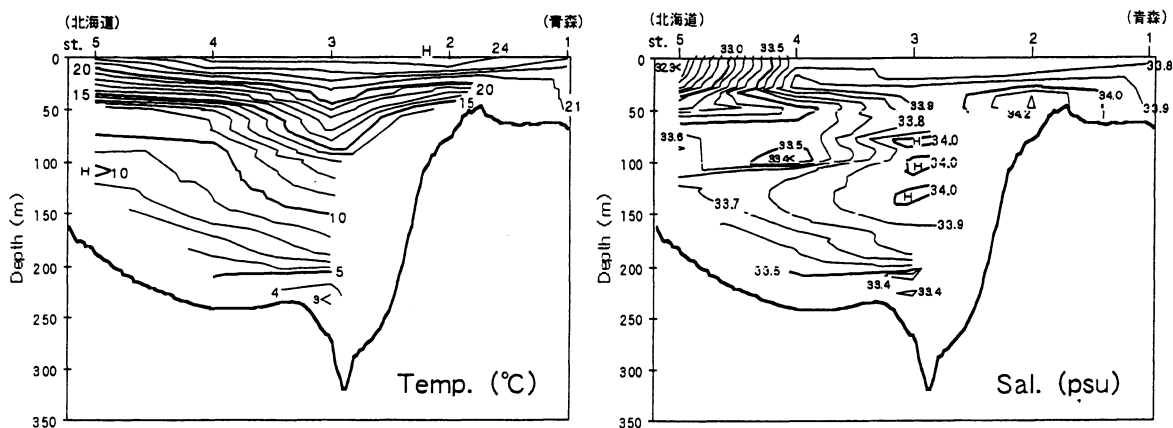


図 10 東口定線における水温・塩分分布図
8 月（2 横断面観測）

今後も調査を継続しデータの収集・蓄積を図るとともに、津軽暖流の変動と海洋構造の現況把握等に努めていきたい。

謝 辞

深浦及び函館の毎時の水位データは函館海洋気象台から提供していただいた。ここに記して感謝申し上げます。

文 献

- 1) 西田芳則・鹿又一良・田中伊織・松原 久（1995）津軽暖流の流量変動．1995 年度日本海洋学会秋季大会講演要旨
- 2) 西田芳則・鹿又一良・田中伊織・松原 久（1996）ADCP により実測した津軽暖流流量と水位差との相関．1996 年度日本海洋学会秋季大会講演要旨
- 3) 西田芳則・鹿又一良・田中伊織・松原 久・佐藤晋一・高橋進吾（1999）津軽暖流の流量変動．第 48 回東北海区海洋調査技術連絡会議事録：45-47.