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

目　　的

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を把握する。

背　　景

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、船舶が航行しながら流向流速を実測するADCPと呼ばれる測機が近年開発され、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、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」が提案された。

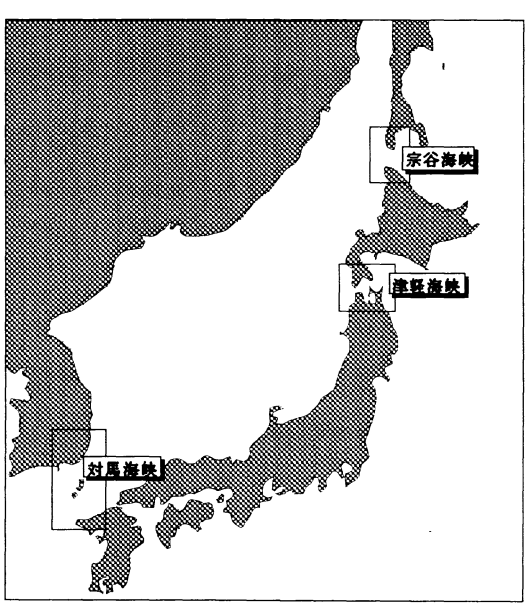


図1　日本海全容図

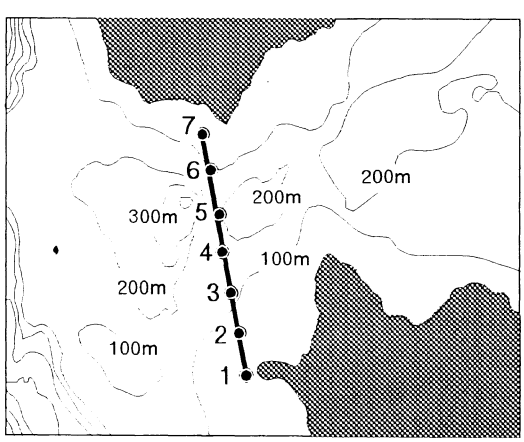


図2　観測定線図

※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

津軽暖流の流向流速の測定は金星丸（函館水試）と東奥丸に搭載されているJRC社製のADCPの他、今年度は青鵬丸（古野電気社製）及び開運丸（RD社製・JRC社製）のADCPも使用して行った。

測流定線は海峡西口のADCPの対地モードがとれる浅い海域（図２）に設定した。

津軽暖流の流量は、ADCPから得られた流向流速データの定線垂直方向成分から潮流成分を除去した平均流速と定線断面積（図３）との積とした。

潮流成分の除去は、定線上を24時間50分で４往復し、各横断（計８回）から得られた各位置における流速値を平均することで行った。

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、９、11月調査時には図２の各定点において任意の１横断時にCTDによる海洋観測を実施した。

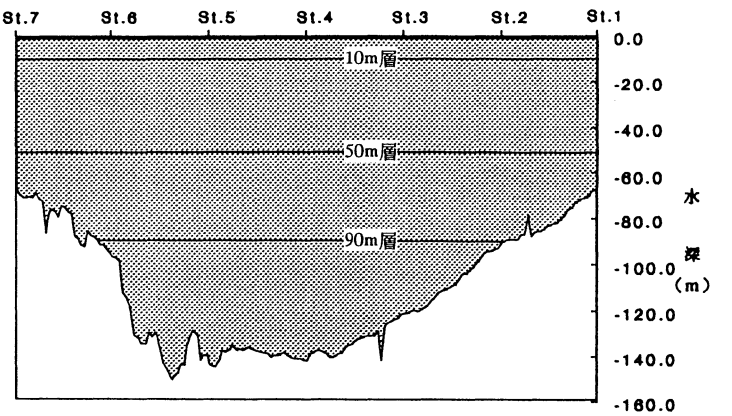


図３　定線断面図

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のとおり各調査船により年４回の調査を実施した。測流水深は３層式ADCPでは10・50・90ｍ層に設定し、東奥丸及び開運丸の場合は１分間隔で、青鵬丸の場合は２分間隔でデータを収録した。開運丸の多層式ADCPでは、測定層厚８ｍで約３分間隔でデータを収録した。

また、９月調査時は金星丸（函館水試）との20時間の合同運航を実施、船間比較を行うことができた。

なお、11月の開運丸による調査では３層式ADCPで機器の接触不良のため正常にデータ収録ができなかったため、11月については多層式ADCPによる結果についてのみ報告する。

表１　流向流速データ収録状況

実施年月日	調査船名	ＡＤＣＰ機種名	測　定　層
1997.5.12～13	青鵬丸	FURUNO　CI-30	３層式
1997.6.30～7.1	青鵬丸	〃	３層式
1997.9.1～2	東奥丸	JRC　JLN－615	３層式
1997.11.4～6	開運丸	RD-9HP075P	多層式（層厚８ｍ）
		JRC　JLN-615	３層式

3層式ADCP

1　流　向　流　速

各調査における1横断ごと（3時間6分）の測流層別平均流速（定線に直交する成分の流速）の時間変化を図4～6に示した。また、図7には、代表として5月（青鵬丸）と9月（東奥丸）調査における各層ごとのデータを第1～8横断ごとに流向流速ベクトル表示として示した。

流速は東向きの流れを正としているが、5月については、第2横断がピークで最も流れが強く、それ以降は徐々に弱まり、第7横断が最も弱い傾向で推移した。とりわけ、第7～8横断では10・50m層の北側（北海道側）で西向きの流れが観測された。最高流速は10m層で190cm/s、50m層で175cm/s、90m層で159cm/s（いずれも第2横断）だった。

7月は、開始から第5横断まで徐々に流れが弱まり、第5横断が最も弱くなった。それ以降は徐々に強まり、第8横断が最も強い傾向で推移した。5月ほどではないが、流れが最も弱まった第5横断の50m層の北側で弱い西向きの流れが観測された。最高流速は10m層で185cm/s、50m層で162cm/s、90m層で159cm/s（いずれも第8横断）だった。

9月は、第1横断が最も流れが強かったが、調査のほぼ中間にあたる第5横断に小さなピークがみられた。5、7月にみられた西向きの流れは観測されなかった。最高流速は10m層で190cm/s、50m層で154cm/s、90m層で144cm/s（いずれも第1横断）だった。

また、各調査とも測流3層の流速の時間変化はほぼ同様で、流速が鉛直的にも大きく変化しないことがうかがえる。

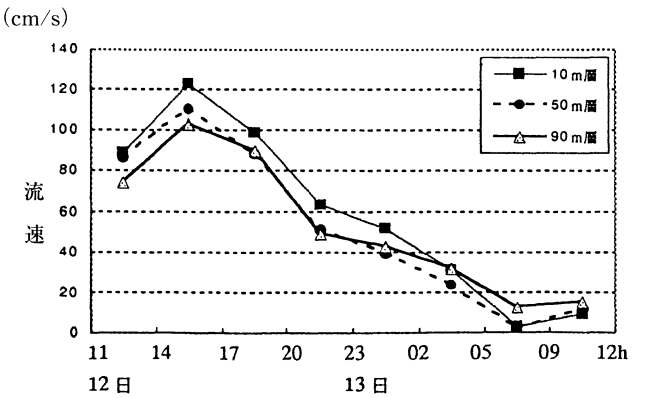


図4　1横断ごとの測流層別平均流速
（5月12～13日、青鵬丸）

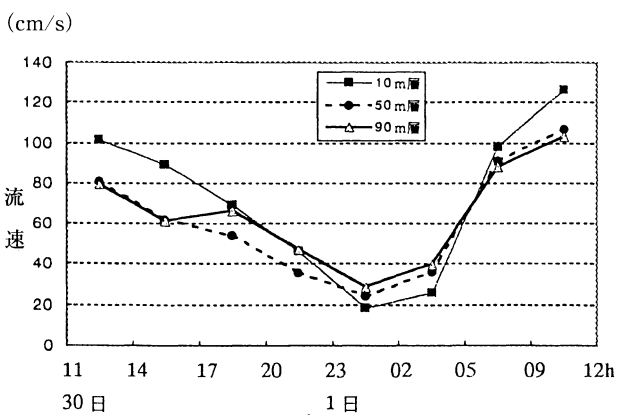


図5　1横断ごとの測流層別平均流速
（6月30日～7月1日、青鵬丸）

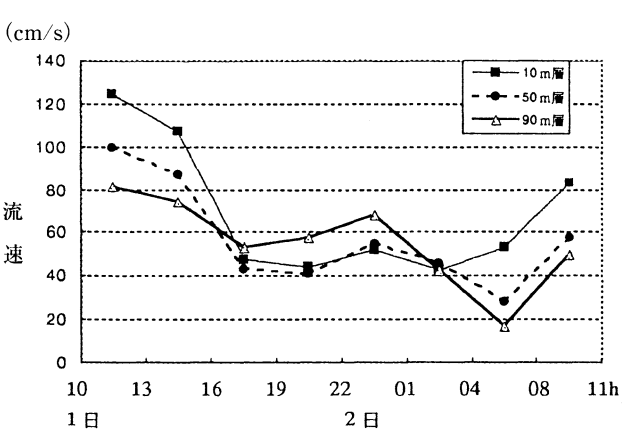


図6　1横断ごとの測流層別平均流速
（9月1～2日、東奥丸）

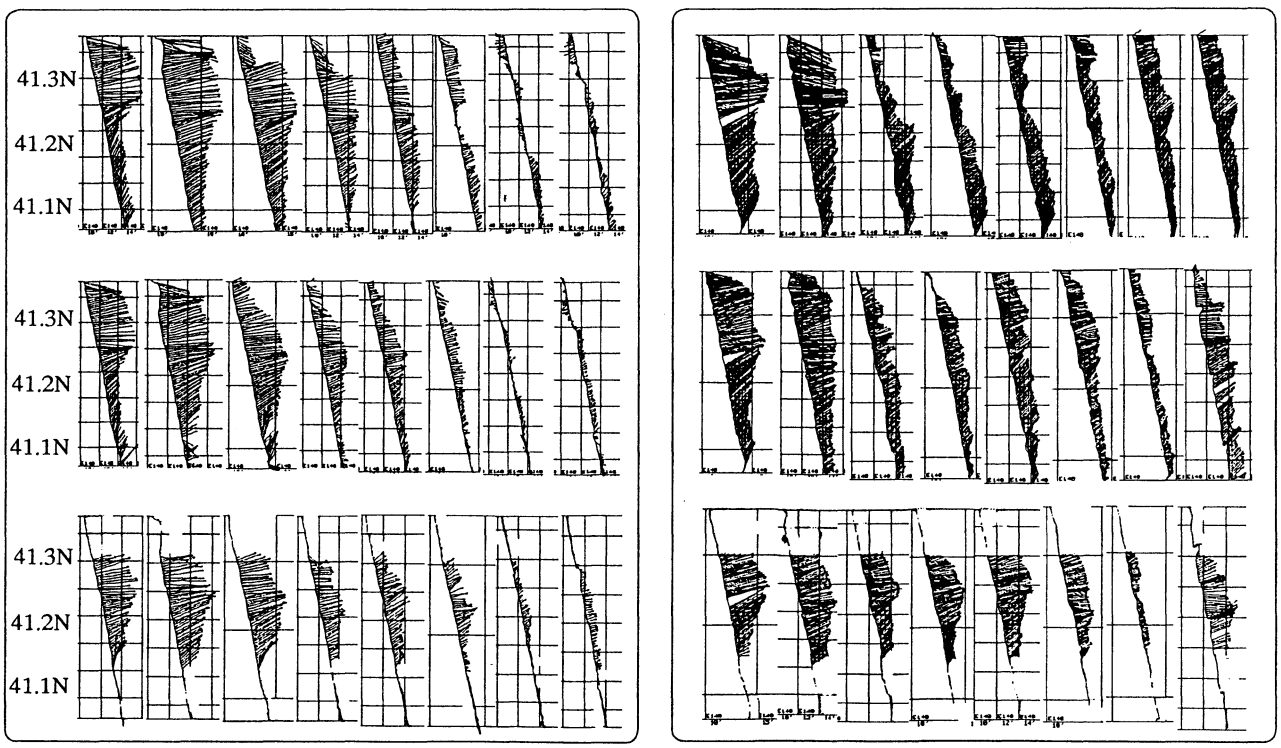


図７　８回の横断で観測された津軽暖流の流向流速

左図は５月（青鵬丸）、右図は９月（東奥丸）の観測結果
上から10ｍ層、50ｍ層、90ｍ層の流向流速のベクトル図を示す。
各層とも左から第１横断、第２横断・・・第８横断を示す。

2　潮流成分を除去した平均流速

潮流成分を除去したいわゆる海流の流速は、各定点においてそれぞれ８回測定された流速を平均することによって求められる。

また、観測運航で各定点間に費やした時間は30分間で、１分（東奥丸）又は２分（青鵬丸）間隔に収録された各定点間における位置データは、８回の横断で誤差が小さかった。

そこで、これらの点も定点とみなし、これらの定点で８回観測した流速の平均値を求め各緯度における各層の潮流成分を除去した平均流速として図８に示した。

潮流成分を除去した平均流速は、90ｍ層では各調査とも海峡の中央部にピークがみられ、これは1994（平成６）年及び1996（平成８）年の調査と同様の傾向であった。

一方、10ｍ層、50ｍ層は、９月はピークが明確でないものの、各調査とも海峡北部（北海道側）にピークがみられ、南部（青森側）に比べ流れが強い傾向がみられた。

また、過去２回の調査（Ｈ６．９月下旬、Ｈ８．８月下旬）と比べると、５、７月の場合特に北部の10・50ｍ層で流れが強い特徴がみられた。

これが、季節的な変動によるものなのか船（ADCP機種）の違いによるものなのかなど、今後データを蓄積して分析する必要がある。

3　津軽暖流流量

3－1　流　量　計　算

流量は定点間断面の水深別平均流速を求め断面積との積により算出した。

1横断ごとに測流3層の定点間平均流速から直線補完した流速を求め、これを8横断平均（潮流成分の除去）した流速及び流量について各調査ごとに表2～4に示した。

図8の平均流速からも判るように、各調査とも海峡の中央部（st. 4～5間）での平均流速が最も速く、南部で遅い傾向にあった。

算出された流量は、5月は1.63Sv（Sv：$\times 10^6 m^3/s$）、7月は1.99Sv、9月は1.84Svであった。7月の1.99Svは、これまでの調査のなかで最も多い流量であった。

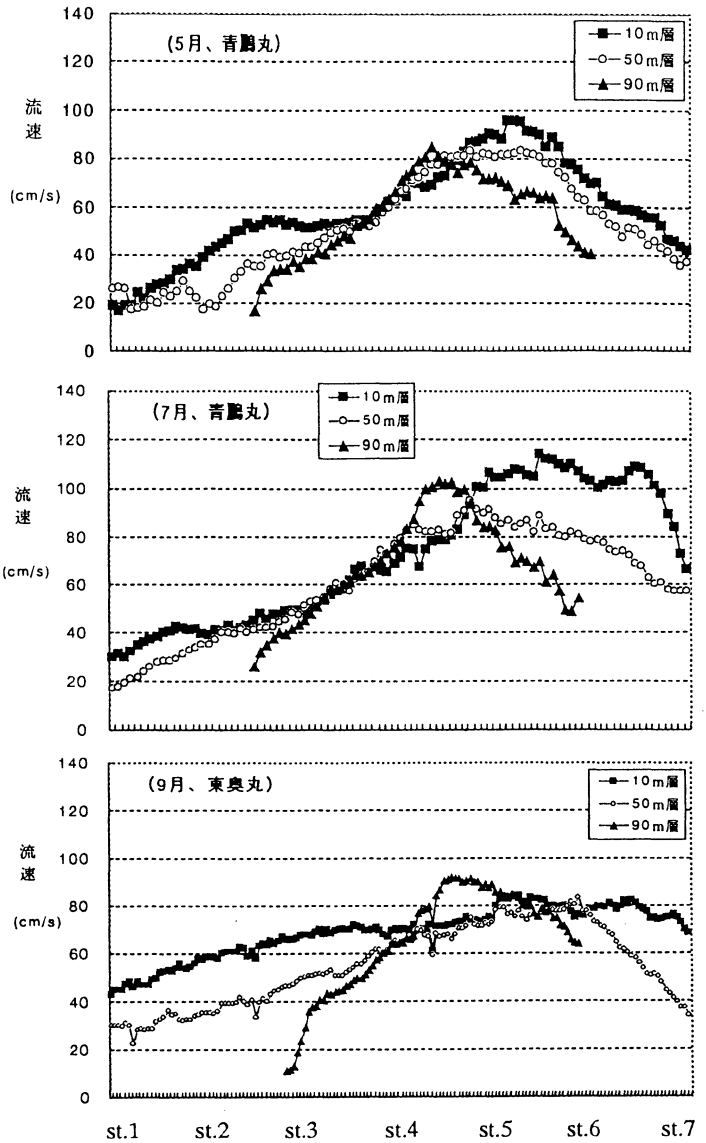


図8　各緯度における潮流成分を除去した平均流速

表2　水深別・定点間断面平均流速及び定点間流量　（5月12～13、青鵬丸）

	7～6	6～5	5～4	4～3	3～2	2～1
5m	57.10	87.88	75.95	55.07	52.14	27.68
15m	54.98	85.41	76.23	54.21	47.89	26.51
25m	52.85	82.93	76.52	53.35	43.65	25.34
35m	50.73	80.45	76.81	52.49	39.40	24.17
45m	48.60	77.98	77.10	51.63	35.15	22.99
55m	46.48	74.62	77.20	51.07	31.61	21.82
65m	44.35	70.37	77.10	50.81	28.77	20.65
75m	42.23	66.12	77.00	50.55	25.93	19.48
85m		61.87	76.90	50.30	23.09	
95m		57.62	76.79	50.04	20.26	
105m		53.37	76.69	49.78	17.42	
115m		49.12	76.59	49.52	14.58	
125m		44.87	76.48	49.27		
135m		40.62	76.38	49.01		
平均流速（cm/s）	49.67	66.66	76.70	51.22	31.66	23.58
水平距離（km）	4.89	4.55	4.55	4.52	4.70	4.55
水　深（m）	80.4	131.0	138.9	132.8	106.9	79.4
区間流量（Sv）	0.20	0.40	0.48	0.31	0.16	0.09

流　量　1.63（Sv）

表３　水深別・定点間断面平均流速及び定点間流量　（６月30日～７月１日、青鵬丸）

	7～6	6～5	5～4	4～3	3～2	2～1
5 m	100.63	110.67	82.88	60.08	45.11	38.54
15 m	93.22	104.65	83.48	60.54	44.39	35.82
25 m	85.81	98.64	84.08	61.00	43.68	33.09
35 m	78.39	92.62	84.67	61.45	42.96	30.37
45 m	70.98	86.60	85.27	61.91	42.25	27.65
55 m	63.57	81.32	86.51	61.99	41.28	24.92
65 m	56.15	76.77	88.37	61.70	40.03	22.20
75 m	48.74	72.23	90.22	61.40	38.78	19.47
85 m		67.68	92.08	61.11	37.53	
95 m		63.14	93.94	60.82	36.28	
105 m		58.59	95.80	60.52	35.03	
115 m		54.05	97.66	60.23	33.78	
125 m		49.50	99.52	59.94		
135 m		44.96	101.38	59.64		
平均流速（cm/s）	74.69	75.82	90.42	60.88	40.09	29.01
水平距離（km）	4.89	4.55	4.55	4.52	4.70	4.55
水　深（m）	80.4	131.0	138.9	132.8	106.9	79.4
区間流量（Sv）	0.29	0.45	0.57	0.37	0.20	0.10

流　量　1.99（Sv）

表４　水深別・定点間断面平均流速及び定点間流量　（９月１～２、東奥丸）

	7～6	6～5	5～4	4～3	3～2	2～1
5 m	78.45	79.79	73.22	70.86	67.11	54.62
15 m	73.24	79.43	72.83	68.44	62.10	49.67
25 m	68.04	79.07	72.44	66.03	57.09	44.71
35 m	62.83	78.71	72.05	63.61	52.08	39.76
45 m	57.62	78.35	71.66	61.20	47.07	34.81
55 m	52.41	76.36	73.38	59.77	40.63	29.86
65 m	47.21	72.75	77.22	59.33	32.74	24.90
75 m	42.00	69.13	81.06	58.89	24.85	19.95
85 m		65.52	84.90	58.45	16.97	
95 m		61.90	88.74	58.02	9.08	
105 m		58.29	92.58	57.58	1.19	
115 m		54.67	96.42	57.14	-6.70	
125 m		51.06	100.26	56.70		
135 m		47.44	104.10	56.27		
平均流速（cm/s）	60.23	68.03	82.92	60.88	33.69	37.29
水平距離（km）	4.89	4.55	4.55	4.52	4.70	4.55
水　深（m）	80.4	131.0	138.9	132.8	106.9	79.4
区間流量（Sv）	0.24	0.41	0.52	0.37	0.17	0.13

流　量　1.84（Sv）

一方、１横断ごとに流量を求め、その流量の時間変化を図９～11に示した。流量の変動周期をみると、各調査とも前述した測流層別平均流速も同様の変動を示しているが、５、７月は日周期的で、９月は半日周期の変動がやや卓越しているようにみえる。これまでの調査結果と同様に潮位に反応して変動していることがうかがえる。

３－２　船　間　比　較

９月調査時には、同機種を搭載している金星丸（函館水試）と東奥丸のADCPが船間により差異があるのかどうか検証するために、20時間の合同運航を実施した。

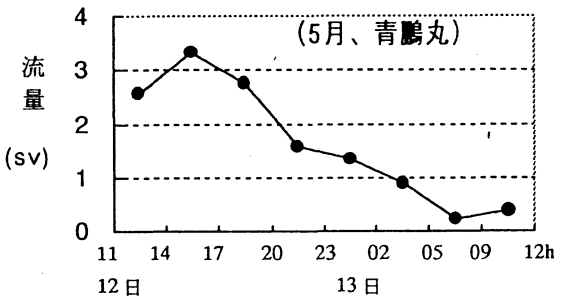


図9　津軽暖流流量の時間変化
（5月12～13日、青鵬丸）

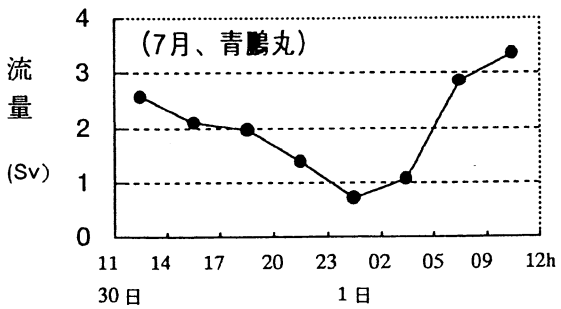


図10　津軽暖流流量の時間変化
（6月30日～7月1日、青鵬丸）

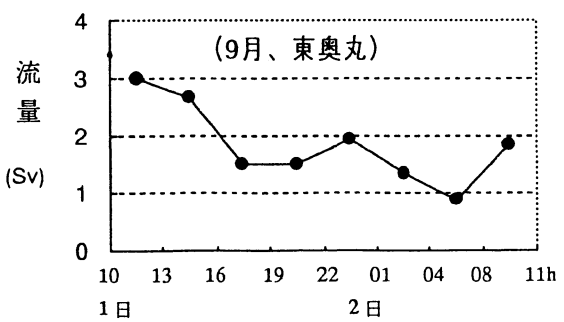


図11　津軽暖流流量の時間変化
（9月1～2日、東奥丸）

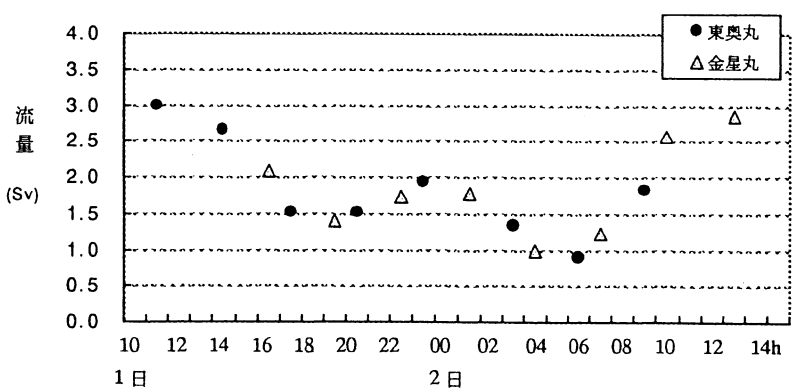


図12　金星丸及び東奥丸により観測された津軽暖流流量の時間変化

東奥丸は9月1日9時45分にSt. 1から調査を開始し、翌日10時35分に終了した。

一方、金星丸は1日14時15分にst. 7から調査を開始し、翌2日14時58分に終了した。

金星丸の潮流データから算出された流量は1.83Svで、東奥丸の1.84Svとほとんど等しい結果となった。

図12には、両船における流量の時間変化を示したが、これもきれいに曲線を描いており、この結果からも船間による差異はほとんどないものと考えられる。

多層式ADCP

1　流　向　流　速

11月には開運丸に搭載された多層式ADCPにより始めて測流を行い、鉛直断面的な流れを把握することができた。収録されたデータをSEA社製の解析ソフト（Multiplot　ver2.01）により処理・作画を行い、図13には1横断ごとの鉛直流速分布図（定線に直交する成分の流速、東向きの流れを正）を示した。

1横断ごとの流れの特徴は次のとおりであった。

①　1横断（1往：松前→権現）；全体に50cm/s以上の東向きの流れがみられた。海峡北部～中央部で流速が速く、125cm/s以上の流速も観測された。

②　2横断（1復：権現→松前）；全体に50cm/s以上の東向きの流れがみられた。海峡北部～中央部で流速が速く、1横断より125cm/s以上の流れの範囲が広がりをみせた。
このときの流量が最大を示していた。

③　3横断（2往：松前→権現）；全体に25cm/s以上の東向きの流れがみられた。海峡北部の表層ほど流速が速く、100cm/s以上の流速が観測された。

④　4横断（2復：権現→松前）；全体に20cm/s以上の東向きの流れがみられた。海峡南部の中層に40cm/s以上、北部の表層及び底層に40～60cm/s以上の流速が観測された。

⑤　5横断（3往：松前→権現）；全体に25cm/s以上の東向きの流れがみられた。水深100m付近の深部に50cm/s以上の流れが残っていた。

⑥　6横断（3復：権現→松前）；全体に流れは弱まり、25cm/s以下の東向きの流れが大部分となった。
25cm/s以上の東向きの流れは南部の表層付近でみられるだけとなり、北部の底層を中心に25cm/s以上の西向きの流れも観測された。

⑦　7横断（4往：松前→権現）；海峡北部～中央部の底層を中心に0～50cm/sの西向きの流れがみられた。
南部の表・中層部には0～20cm/sの弱い東向きの流れが残っていた。
このときの流量が最小を示していた。

⑧　8横断（4復：権現→松前）；東向きの流れが再び強まり、全体に25cm/s以上の流れがみられた。
海峡北部～中央部で流速が速く、最北部では75cm/s以上の流速が観測された。

流速の時間変化をみると、始めは海峡北部の表層～中層部で最も強い東向流がみられ、その後、全体の流れが弱くなるが、北部の底層部では流れの比較的強い部分が残っていた。さらに流れが弱まると北部の底層部から西向流がみられはじめ、中央部の底層部へと広がりをみせた。その後、

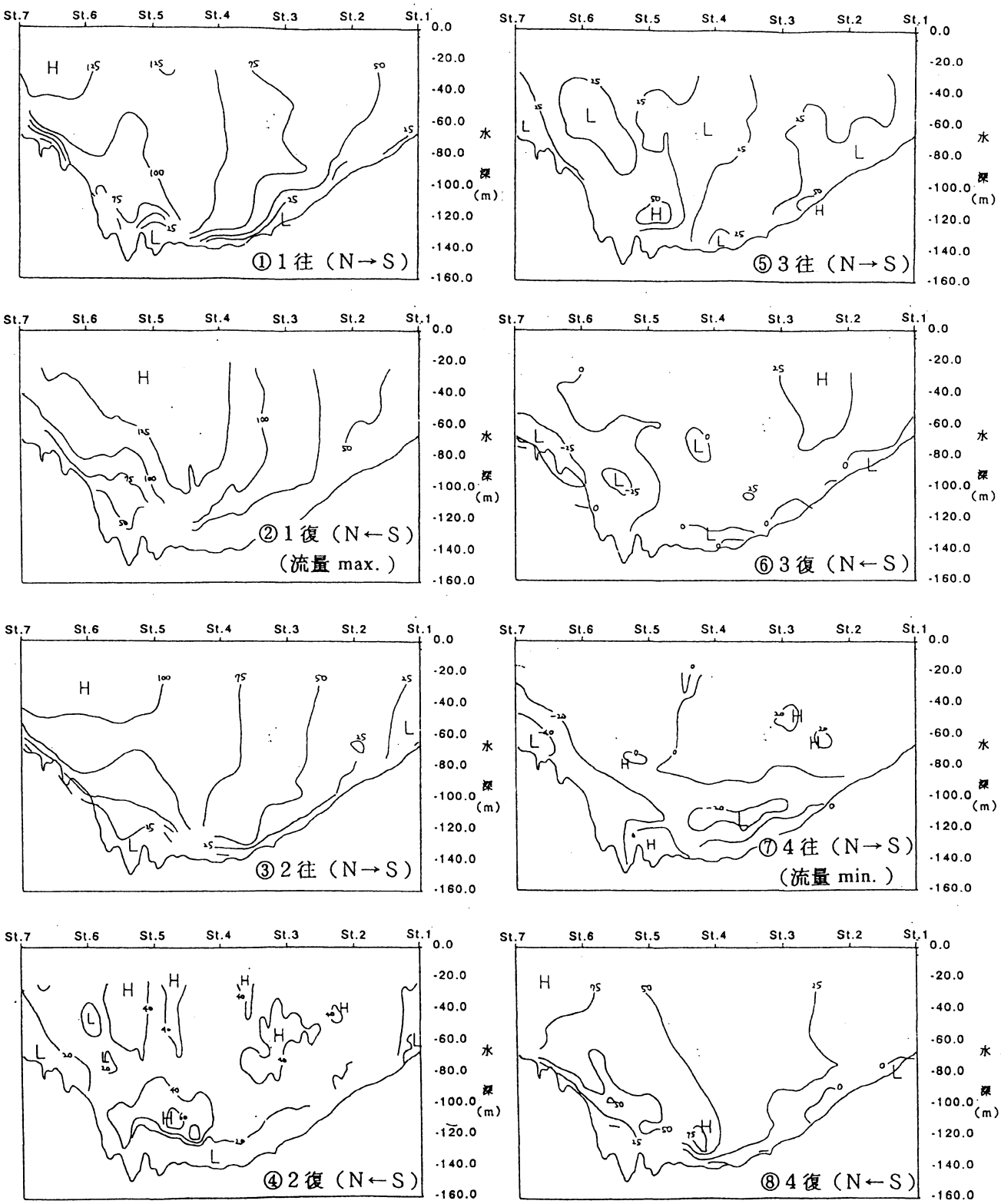


図13　多層式ＡＤＣＰにより測流された１横断ごとの鉛直流速分布図
各横断とも左側（st.7）が北、右側（st.1）が南
流速の単位はcm/s（東向きの流れを正、西向きの流れを負とした）

再び北部の表層部から東向流が強くなっていった。

海域的にみると、海峡南部に比べ、北部における流速の変動が大きいことがうかがえる。

2　潮流成分を除去した平均流速

潮流成分を除去した平均流速は、作画した1横断ごとの鉛直流速分布図から各定点における水深20mごとの流速を読みとり、それを8横断平均することにより求め、図14に示した。

5、7、9月調査の3層式ADCPから得られた平均流速と同様に海峡北部（北海道側）で流速が速い傾向がみられた。

今年度は各シーズンを通して過去2回の調査結果に比べ、海峡北部での流れが強いことが特徴であると考えられる。

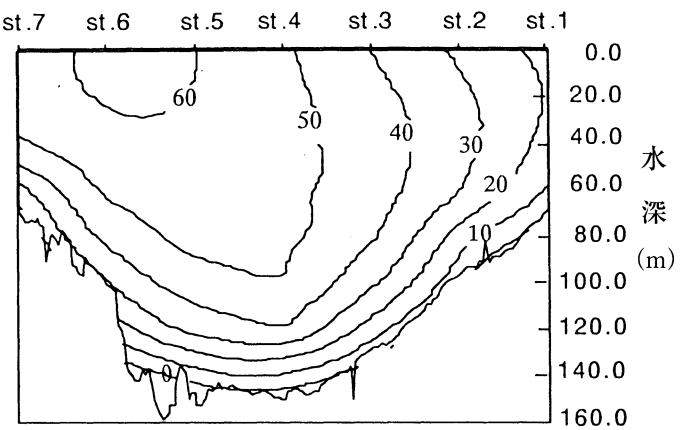


図14　潮流成分を除去した平均流速の鉛直分布図

3　津軽暖流流量

3－1　流　量　計　算

流量は、観測中に自動的に計算されモニター表示される。ここでの流量も3層式ADCPと同様に定線に直交する成分の流速から計算されており、結果はそのまま津軽暖流流量として使用できるものである。

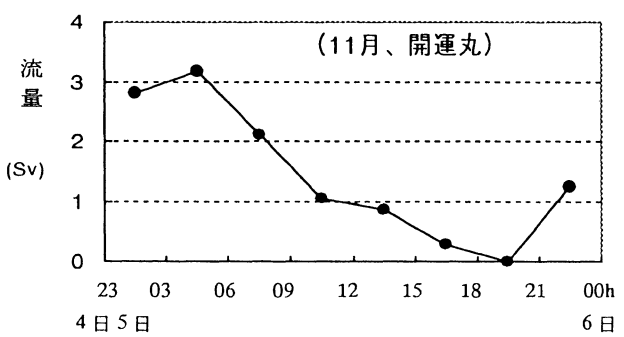


図15　津軽暖流流量の時間変化
（11月4～6日、開運丸）

このようにして計算された1横断ごとの流量は図15に示すとおりで、鉛直流速分布から判るように第2横断がピークで最も流量が多く、それ以降徐々に弱まり、第7横断が最も弱い傾向で推移した。これは5月の調査結果と同様の時間変化を示している。

なお、1横断ごとの流量を8横断平均し、潮流成分を除去した津軽暖流の流量は1.44Svであった。

3－2　多層式・3層式ADCP間の比較

3層式ADCPではこれまでの調査結果から鉛直的な流速の変化は大きくないと考えられているが、今回の多層式ADCPの鉛直流速分布をみても鉛直的な変化は大きくないことがうかがえる。今回の調査では開運丸に搭載されている3層式ADCPの調子が悪く正常にデータ収

録ができなかったため、同調査におけるADCP間の比較はできなかったが、今回の多層式ADCPの結果からも、これまでの3層式ADCPによる測流データからの流量の推定は信頼できるものであろうと考えられる。

4　津軽海峡中央部から東口までの流速構造

4－1　調　査　内　容

11月調査時には、海峡西口における調査終了後、図16のとおり海峡内をジグザグに航走してデータを収録した。その調査要目は表5に示した。

各定線の長さは18～36マイルであり、それぞれを3～4時間で航走したため、船速は6～9ノットとなった。水深は大部分が280m以浅であり、対地モードでデータが得られた。

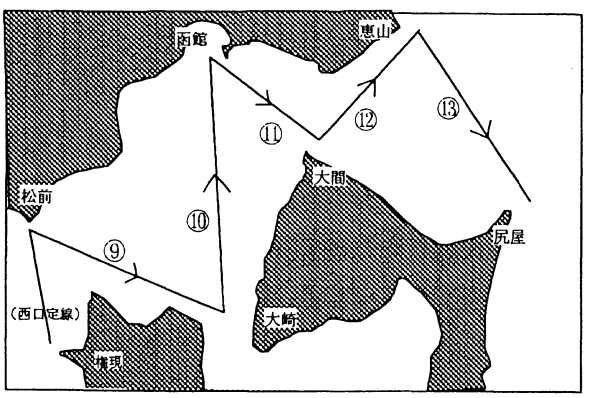


図16　調査海域図

表5　津軽海峡内における調査要目

No.	行　　程	距　離	所要時間	最大水深	流　量
⑨	松前沖～大崎沖	25マイル	3時間	255m	2.556Sv
⑩	大崎沖～函館沖	36マイル	4時間	255m	2.626Sv
⑪	函館沖～大間沖	18マイル	3時間	280m＜	2.020Sv
⑫	大間沖～恵山沖	23マイル	3時間	280m＜	1.636Sv
⑬	恵山沖～尻屋沖	26マイル	3時間	280m＜	0.906Sv

＊流量は船の進行方向（定線）に対して垂直の方向。東向きを正とした。

4－2　調　査　結　果

収録されたデータの処理・作画は前述のとおりで、図17に各定線の1横断における鉛直流速分布図を、図18には代表として22.87m層の流向流速ベクトル図を示した。

各定線の1横断における流れの特徴は次のとおりであった。

⑨松前→大崎；松前側では20m層～100m層にわたって125cm/s以上の東向流がみられた。津軽半島沿いには強い流れはみられず、陸奥湾湾口の底層ではむしろ弱い西向流がみられた。

⑩大崎→函館；最も陸奥湾湾口に近い海域ではほとんど流れはみられなかったが、下北半島沿いの表層～中層部には50cm/s未満の西向流がみられた。さらに北上し海峡中央部では80～120cm/sに及ぶ強い北東流がみられた。函館付近では40cm/s未満の弱い西向流がみられた。いずれも流れの強い層は80m以浅の海峡北寄りの海域であった。

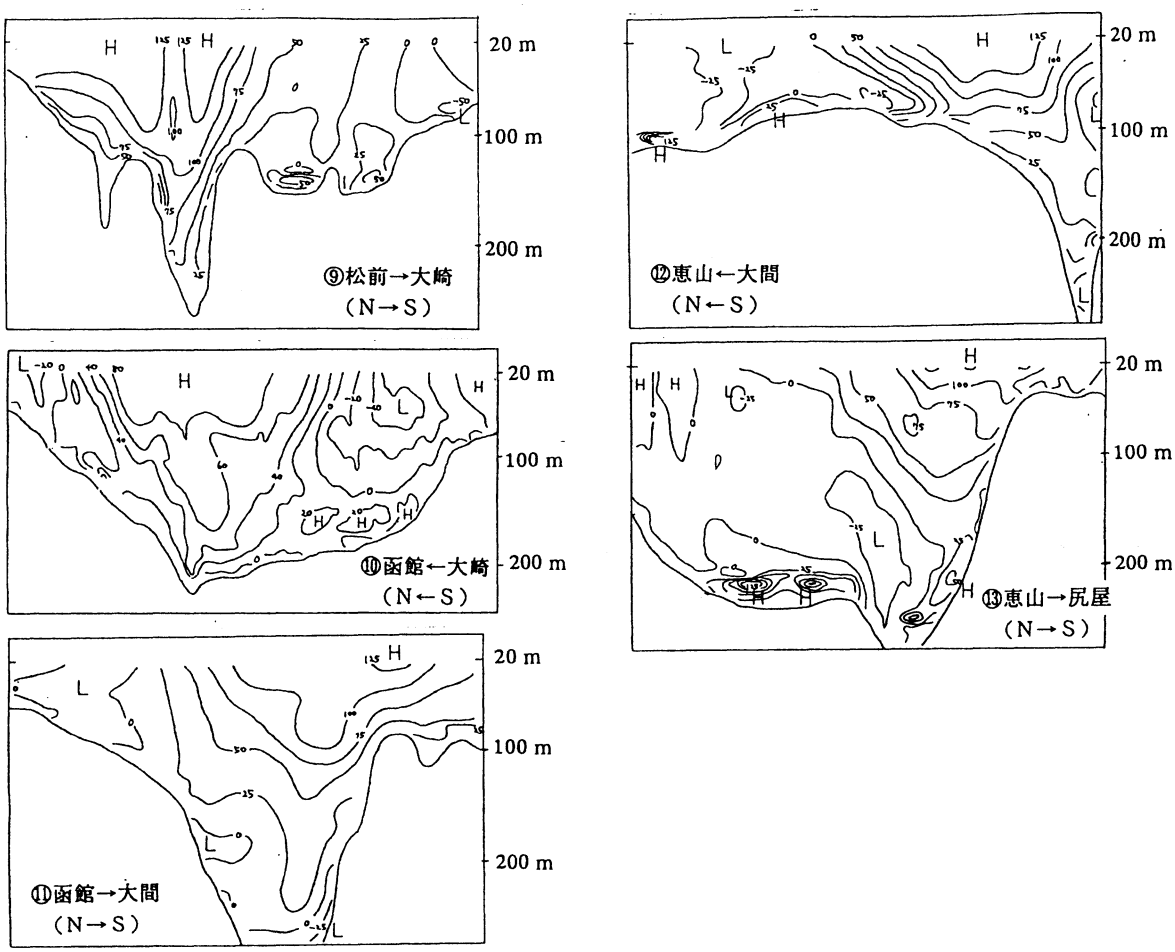


図17　津軽海峡中央部から東口に至る鉛直流速分布図

いずれも左側が北、右側が南

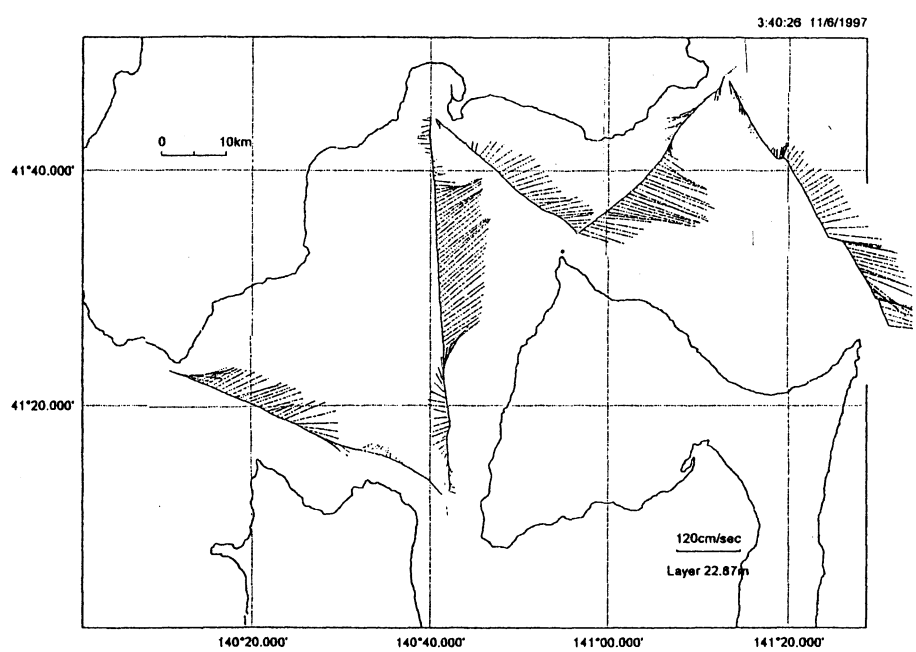


図18　津軽海峡中央部から東口に至る流向流速ベクトル図（22.87ｍ層）

⑪函館→大間；函館半島沖付近では25cm/s未満の東向流で、流れはきわめて弱かった。海峡中央部～大間にかけての表層（100ｍ以浅）では100cm/s以上の強い東向流がみられた。

⑫大間→恵山；大間沖最深部以北の海峡中央部の50ｍ以浅で125cm/s以上の強い東向流がみられた。

恵山岬付近の水深の浅い海域では50cm/s未満の弱い西向流がみられたが、ごく沿岸の最深部には最速で125cm/s前後の強い東向流もみられた。

⑬恵山→尻屋；恵山側～海峡中央部の底層（150ｍ以深）にかけては50cm/s以下の弱い西向き流がみられたが、恵山寄りの最深部には最速で125cm/s前後の強めの東向流もみられた。尻屋側の100ｍ以浅の表層には100cm/s以上の比較的強い東向流がみられた。

海峡内での流れの経路をみると、東向流は主に海峡中央の表層部を流れていることが観測された。

各流速の鉛直断面は時間経過するにつれて変化することが予想されるが、陸奥湾湾口部、函館半島付近及び恵山岬付近の表層には西向流のみられる海域が存在した。また、底層部には局所的に東向流の強い部分がみられており、これらが一時的なものなのかどうか、今後調査を重ねていく必要があるだろう。

いずれにしても、今回調査した海域で対地モードによりデータを収録し解析できたことは、津軽海峡における流れを考察するうえでも重要なことであると考える。

考　　察

1993（平成５）～1997（平成９）年度に青函プロジェクトで測流され、流量が算出された観測結果をまとめて表６に示した。1993年11月から1998年３月までに計19回行われた観測結果から、津軽暖

表６　津軽暖流の流量（1993～1997年度）

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	RD
19	1998 3 2～3	1.22	函館水試　金星丸	JRC
	平　均	1.53		

流の流量は、最大で7月に観測された1.99Sv、最小で3月の1.17Svで、平均1.53Svであった。季節変動の幅は約0.8Svで従来いわれていた1～4 Svに比べれば小さいということが示唆された。1997年7、9月の流量が昨年度までの調査に比べ多めに推移したことにより、平均流量、変動幅は昨年度までの値より大きくなっている。

また、流量の季節変動（図19）をみると、春季に少なく、夏・秋季に多く、12月にも多い傾向がみられるが、年によってばらつきがあり、明確な季節変動はみられなかった。

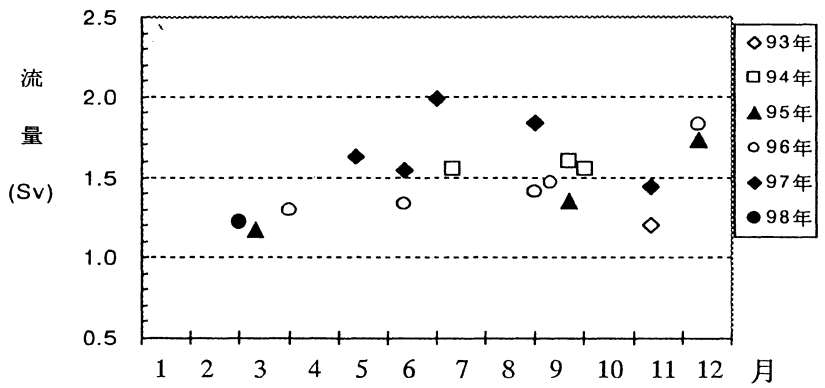


図19　津軽暖流流量の月別変化（1993～1997年度）

一方、北海道立水産試験場では、青森県沖を北上する対馬暖流と北海道西岸沖を北上する対馬暖流の傾圧地衝流量の差から津軽暖流の流量を推定しており、ADCP実測流から算出された流量はこの値と同程度であることが判っているが、その傾圧地衝流量の差から求めた津軽暖流は96年冬季以降はその流量の割合が高くなっているという経年変動について報告しており、今年度ADCP実測流から算出された流量が、これまでの調査結果より多かったことを裏付けるものであると考えられる。

また、海域的な流れの分布の特徴でみると、1994、1996年の過去2回当水試で観測した結果に比べ、海峡北部での平均流速が速かったことが、流量として多く算出された要因であろうと考えられる。

今年度のADCP 4往復横断観測のうち9、11月調査時には任意の1横断時にCTDによる海洋観測を行ったので、海洋構造的にどのように流れているのか考察した。図20～21にはADCP観測定線における水温・塩分分布図を示した。また、図22～23には同時期（9月初旬、11月初旬）に行った日本海定線海洋観測における十三線（北緯41度線）の水温・塩分分布図を示した。

ADCP観測定線の分布をみると、9月では中層～底層部にかけての水温11℃以上、塩分34.1以上の対馬暖流水と表層低塩分水が日本海から海峡に流入していることがうかがえる。また、11月では海峡中央部の底層に塩分34.1以上の対馬暖流水がみられるだけで、中層へは鉛直混合により変質した塩分34.0以下の水、海峡南部の表層へは塩分33.4以下の表層低塩分水が流入しているのがうかがえる。

一方、当水試では、定期的に日本海定線海洋観測を実施しているが、この結果から舳作崎西方（北緯40度36.6分線）における対馬暖流の地衝流量を算出している。この地衝流量の季節変動（図24）をみると、8月に最大となった後、10月に一旦減少するが、11～12月にかけて再び増加する変動をみせ

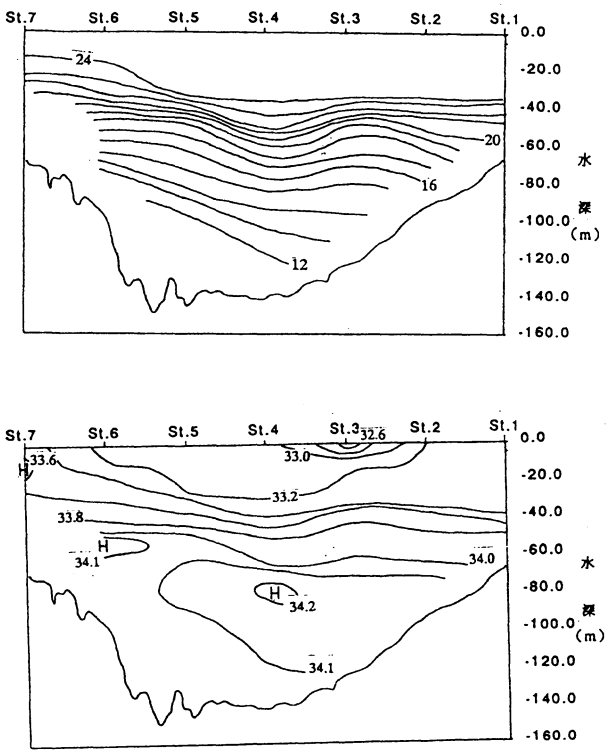


図20　定線における水温・塩分分布図

（9月調査、8横断目に観測）

上図は水温、下図は塩分分布図。

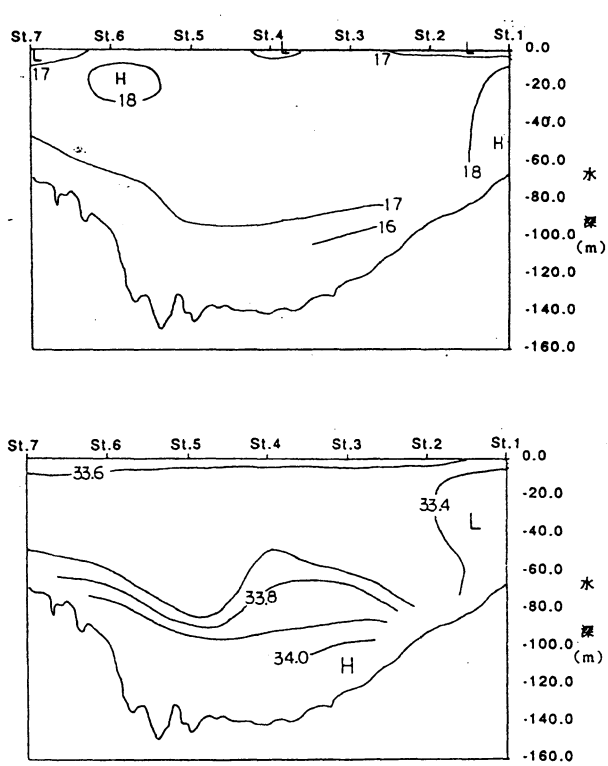


図21　定線における水温・塩分分布図

（11月調査、5横断目に観測）

上図は水温、下図は塩分分布図。

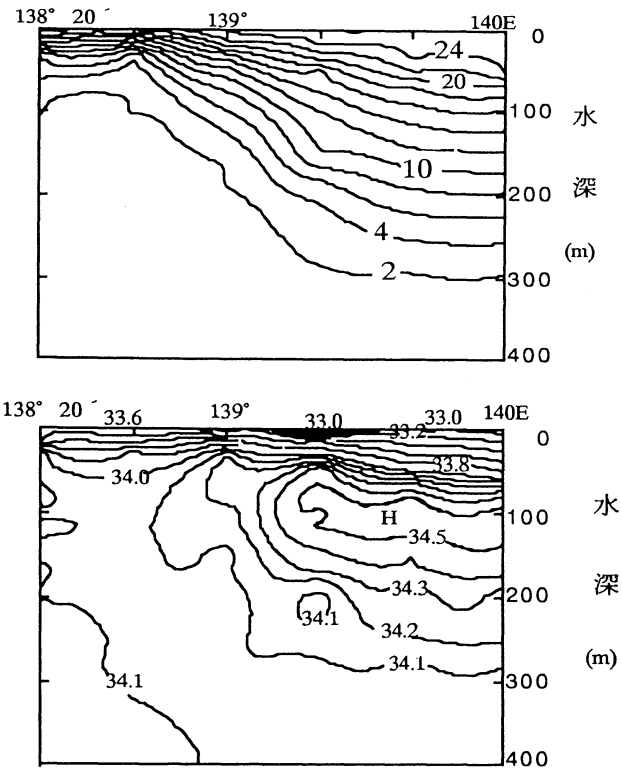


図22　日本海十三線における水温・塩分分布図

（9月4～5調査、東奥丸）

上図は水温、下図は塩分分布図。

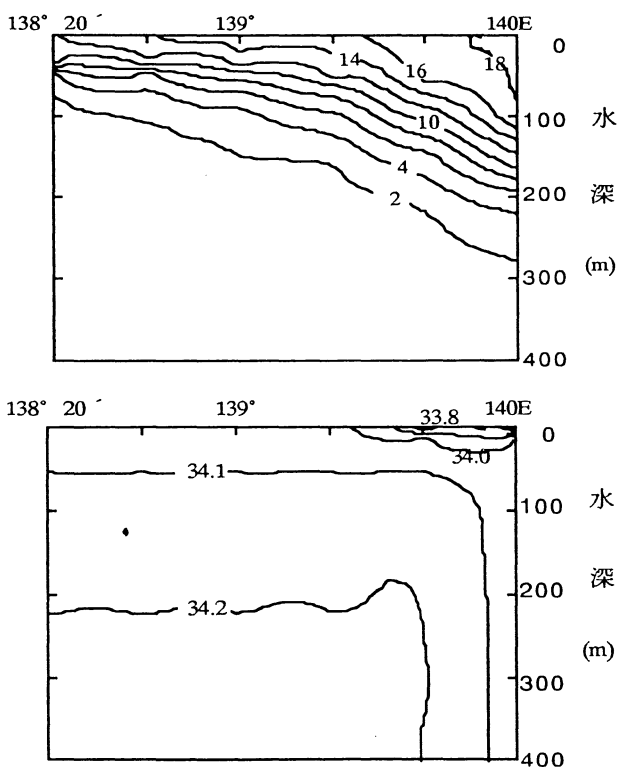


図23　日本海十三線における水温・塩分分布図

（11月4～5調査、東奥丸）

上図は水温、下図は塩分分布図。

ている。

これらのことから、従来からいわれているように対馬暖流が津軽海峡へと流入していることがうかがえる訳であるが、対馬暖流の変動と津軽暖流の変動がどのように相互作用しているのか、また、流入する過程で海洋構造的にどのような変化があるのかなどについて、今後考察していきたい。

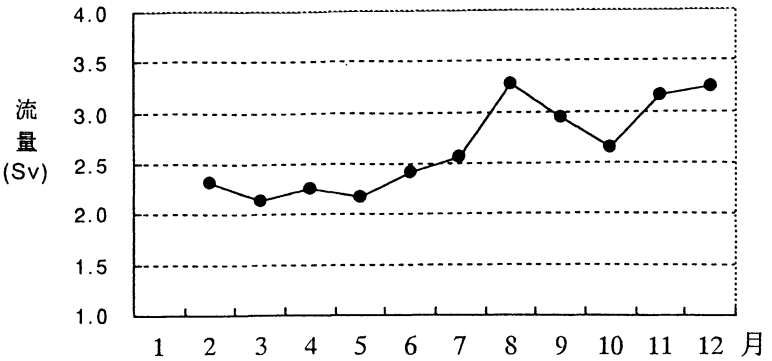


図24　舳作崎西方における対馬暖流の月別変化（月平均値）

また、11月調査時には津軽海峡中央部から東口にかけてADCPによる測流を行った結果、対地モードでデータを収録できることが判ったので、今後は海峡東口海域においてもADCP 4往復横断観測を行い、海峡東西での海洋構造の比較や流量の収支などについても考察していきたいと考えている。

なお、津軽暖流の流量についてはADCPによる測流のほか、電位差（北海道福島－青森県今別間に設置された海底ケーブルによる電位差）や水位差（例えば、深浦－函館間や竜飛－吉岡間の水位差）からの流量の推定についても報告されており、これらとADCP 4往復横断観測法との関連についても検討していく必要があると考えられる。

謝　　辞

青鵬丸、東奥丸及び開運丸各船長はじめ乗組員の方々には、各定点を限られた時間で航走するうえ長時間の連続観測である本調査にご協力いただき、貴重なデータを収得することができた。ここに記して深く感謝申し上げる。

参　考　文　献

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

石川孝一・柴田誠司・宮尾　孝（1987）：津軽海峡の海洋構造．月刊海洋，19（１），34-39.

岩尾尊徳（1992）：津軽海峡の流れについて（２）．月刊海洋，24（４），226-229.

力石國男・長沼光亮（1992）：津軽暖流と対馬暖流北上流の流量の分配機構．海と空，68（２），67-78

長沼光亮・市橋正子（1993）：ADCPによる津軽海峡西口の横断測流．1993年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨

大西光代・大谷清隆（1994）：北海道西岸の対馬暖流北上流流量の変動と渦構造．1994年日本海洋学会秋季大会講演要旨集，205-206

塩脇清一（1994）：地電位差観測による津軽海峡の海潮流モニタリングの研究．平成７年度弘前大学大学院修士論文

四竈信行（1994）：海底設置型ADCPにより実測された津軽海峡内の流量変動．月刊海洋，26（12），815-818.

田中伊織（1995）：ADCPで測定された津軽海峡内の流れの構造と流量（ORIGINAL）．北海道中央水試海洋ゼミ要旨

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

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

松原　久・西田芳則・鹿又一良・田中伊織（1996）：津軽暖流の流量について．青森県水産試験場事業報告

佐藤晋一（1998）：津軽海峡の流量調査（青函交流プロジェクト）．平成8年度青森県水産試験場事業報告

佐藤晋一（1999）：青森県舳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

中多章文・田中伊織（1998）：北海道西岸における対馬暖流傾圧地衡流量について．1998年度日本海洋学会春季大会講演要旨

（付表）

津軽海峡（西口）流量調査　海洋観測結果（平成９年９月）

測点番号		1	2	3	4	5	6	7
位置	N	41-08.5	41-10.9	41-13.4	41-15.8	41-18.2	41-20.6	41-23.2
	E	140-14.3	140-13.6	140-13.0	140-12.4	140-11.7	140-11.0	140-10.4
月日		９月２日	９月２日	９月２日	９月２日	９月２日	９月２日	９月２日
時間		1035	1010	0925	0855	0823	0755	0728
天候		r	d	d	r	r	r	r
雲量		10	10	10	10	10	10	10
風向・風力		W 4	NW 4	NW 3	NW 3	W 3	W 3	W 3
気温		21.8	22.0	22.0	22.1	22.1	22.0	21.6
気圧		1000.5	1000.4	1000.4	1000.2	1000.2	1000.4	1000.3
波浪		3	3	3	3	2	2	2
ウネリ		3	3	3	3	2	2	2
海深		59	82	120	134	124	106	54
測器		CTD	CTD	CTD	CTD	CTD	CTD	CTD
所定層水温（℃）	0	24.6	24.7	24.6	24.8	24.3	24.0	24.0
	10	24.76	24.93	24.73	24.82	24.37	24.10	24.05
	20	24.76	24.94	24.81	24.75	24.40	23.83	23.73
	30	24.71	24.65	24.36	24.78	24.34	22.51	21.02
	50	20.04	20.83	18.88	22.22	17.84	17.02	
	75		16.51	15.12	16.37	14.70	12.70	
	100			13.82	13.20	11.14		
	125				11.67			
	150							
所定層塩分（psu）	0	33.385	33.453	33.406	33.415	33.320	33.330	33.790
	10	33.251	33.238	33.165	33.219	33.167	33.306	33.616
	20	33.262	33.358	33.253	33.185	33.174	33.515	33.597
	30	33.262	33.507	33.556	33.204	33.500	33.614	33.689
	50	33.842	33.861	33.939	33.808	34.081	34.130	
	75		34.195	34.139	34.205	34.164	34.051	
	100			34.165	34.144	34.049		
	125				34.090			
	150							

＊表面は採水測温・塩検による。
＊ＣＴＤの塩分値は未補正。

津軽海峡流量調査　海洋観測結果（平成９年11月）

観測定線		西口定線							東口定線			
測点番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
位置	N	41-08.5	41-10.9	41-13.4	41-15.8	41-18.2	41-20.6	41-23.2	41-48.3	41-41.0	41-34.2	41-29.0
	E	140-14.3	140-13.6	140-13.0	140-12.4	140-11.7	140-11.0	140-10.4	141-13.0	141-19.0	141-24.5	141-29.8
月日		11月5日	11月5日	11月5日	11月5日	11月5日	11月5日	11月5日	11月6日	11月6日	11月6日	11月6日
時間		1458	1428	1359	1329	1258	1227	1153	1211	1326	1437	1540
天候		b c	c	o	o	o	o	c	b c	b c	c	c
雲量		6	9	10	10	10	10	10	7	7	9	9
風向・風力		WSW 5	W 5	WSW 6	WSW 6	W 5	W 6	W 5	W 5	W 5	W 4	W 4
気温		11.1	11.2	11.5	11.9	11.6	11.8	12.5	10.2	11.6	12.0	11.8
気圧		1012.0	1011.7	1011.0	1011.0	1011.0	1011.0	1011.0	1015.0	1015.0	1015.0	1015.6
波浪		3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3
ウネリ		2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
海深		59	82	120	120	110	90	54	110	210	240	54
測器		CTD	CTD	CTD	CTD	CTD	CTD	CTD	CTD	CTD	CTD	CTD
所定層水温（℃）	0	16.2	16.8	17.2	16.9	17.0	17.2	16.6	11.6	16.2	16.8	16.2
	10	18.12	17.88	17.76	17.74	17.83	18.16	17.34	11.57	16.89	16.61	16.90
	20	18.13	17.88	17.79	17.74	17.84	18.21	17.34	11.57	16.89	16.44	16.90
	30	18.20	17.88	17.80	17.82	17.84	17.88	17.32	11.39	16.58	16.20	16.91
	50	18.27	17.91	17.77	17.80	17.73	17.43	16.86	10.37	13.60	15.78	16.71
	75			17.39	17.83	17.60	16.52		8.57	9.65	15.14	
	100			15.67	16.34	16.35			7.94	7.08	13.48	
	150									5.81	10.07	
	200									4.27	8.07	
所定層塩分（psu）	0	33.450	33.715	33.729	33.720	33.703	33.716	33.764	33.914	33.863	33.901	33.814
	10	33.303	33.407	33.422	33.416	33.421	33.418	33.508	33.141	33.602	33.585	33.582
	20	33.308	33.404	33.421	33.415	33.422	33.451	33.507	33.144	33.603	33.624	33.583
	30	33.338	33.415	33.454	33.469	33.423	33.483	33.510	33.120	33.620	33.646	33.631
	50	33.377	33.413	33.452	33.607	33.452	33.517	33.614	33.093	33.698	33.693	33.236
	75			33.943	33.879	33.468	34.019		33.401	33.441	33.748	
	100			34.257	34.125	34.176			32.991	33.308	33.801	
	150									33.354	33.722	
	200									32.869	33.250	

＊表面は採水測温・塩検による。
＊ＣＴＤの塩分値は未補正。