



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北部オホーツク海の夏季の海況について
Author(s)	木谷, 浩三; KITANI, Kozo; 島崎, 健二 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 22(3), 231-242
Issue Date	1971-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23455
Type	departmental bulletin paper
File Information	22(3)_P231-242.pdf



北部オホーツク海の夏季の海況について*

木谷 浩三**・島崎 健二***

On the Hydrography of the Northern Part of the Okhotsk Sea in Summer

Kozo KITANI and Kenji SHIMAZAKI

Abstract

In this paper, the general oceanographic conditions of the northern part of the Okhotsk Sea are discussed on the basis of observations made in September, 1970, by the research vessel "Oyashio Maru". The results obtained are summarized as follows;

1) A singular region with almost homogeneous water from the surface to the bottom near 55°30'N. Lat. 144°30'E. Long. makes the oceanographic conditions of the northern part of the Okhotsk Sea complicated.

2) There are cold waters below the thermocline (20-30m) of the neritic province and these cold waters distribute widely on the continental shelf as a "bottom cold water", and its temperature is below -1.7°C.

3) The dissolved oxygen in waters from the surface to the diathermal water or bottom cold water is relatively high (more than 5cc/l); super saturation particularly near the thermocline.

4) The temperature of the bottom cold water is uniform, but the salinities are different in the two region, i.e., in the western region it is higher (33.2-33.5‰) than in the southern region near the Khmitevskago Pen. (33.0-33.2‰).

5) In the singular region, the vertical stability is very small from the surface to near the bottom and the total heat capacity for unit water column is higher than that of waters around the singular region.

6) It is found that the water movement is very weak in most of this region, except in the thin surface layer, particularly the bottom cold water is estimated to be at rest.

1 ま え が き

オホーツク海の北部海域は、他の海域にくらべて調査資料が乏しく、したがってこの海域の海況については、よく知られていない。この海域は、サケ・マス・ニシンなどの有用水産物が分布、行動する海域であり、この海域の海況の詳細を把握することは、きわめて重要なことと考えられる。今日まで、北部オホーツク海の海況については、まとまった研究はないが、樺太北東域には、上下層水が均質な特異海域が形成されることが、報告されている¹⁾。本研究では、1970年9月、サケ・マス調査船「親潮丸」によって行なわれた北部オホーツク海の海洋観測 (Fig. 1) 結果を用いてこの海域の夏季の海況特性について検討した。さらに特異海域の性状については、水路部駒橋²⁾、中央気象台凌風丸³⁾、北資研親潮丸⁴⁾による観測結果を併用した。

* 北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績第52号
(Contribution No. 52 from the Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

** 北海道大学水産学部漁場学講座
(Laboratory of Fisheries Ecology, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

*** 北海道大学水産学部北洋水産研究施設
(Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

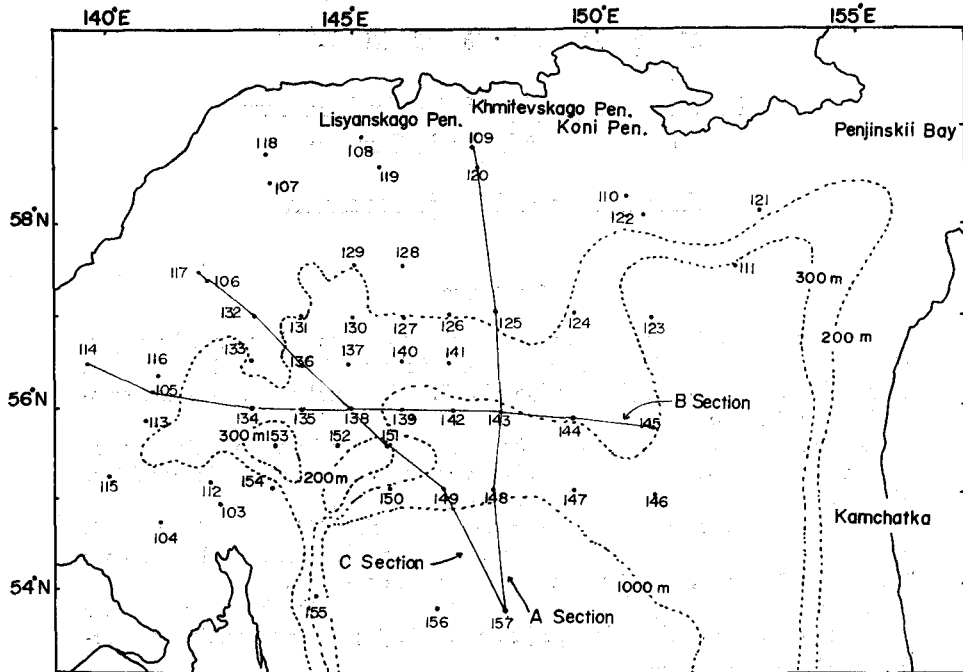


Fig. 1. Observed stations by "Oyashio Maru" in September 1970 and bottom topography. Numerals show station number. Dotted lines are isobath, 200 m, 300 m, and 1000 m. Real lines show one of the section in Fig. 5, 6, 7, 9, 10.

2 水温・塩分の分布

2-1 水温・塩分の水平分布

オホーツク海北部海域の表層における水温・塩分の分布は、Fig. 2, Fig. 3 に示すように、きわめて複雑である。

樺太北東域については、すでにいくつかの報告^{1,5)} によって明らかにされているように、著しい表層低温域がある。この表層低温域の中心規模は、あまり大きくないが周辺域の高温水域との間には、顕著な潮目を形成している。特にアムールなどの河川水が多量に流入し、水温がきわめて高い西部沿岸水域との間では、水平面における水温傾度が著しく大きい。また、Koni 半島沖合にも、比較的低温な水域が、形成されるが、観測点が少ないため、その規模については明らかでない。気象などの諸条件に左右されるであろうが、一部冷水域を除いたこの海域の夏季表層水温は、ほぼ 10°C 以上、14°C 位まで昇温するものと考えられる。

表層塩分は、低温域できわめて高く 33.00‰ 以上となっている。沿岸水域は、河川水の流入によって低鹹となっているが特にアムール系水などの影響を受ける西部域では低鹹水が有勢である。樺太北東域と Koni 半島沖合の表層は、ともに低温、高鹹であるが、これらの表層水の形成機構は、異なるものと考えられる。

20 m 前後に水温、塩分の躍層があり、その上層における水温・塩分分布は、表層のそれと類似しているが、躍層より下層においては、まったく異なった分布を示す。Fig. 4 は、躍層下 (100 m 層) の水温・塩分の分布を示したものである。樺太北東域では、表層の水温は、その周辺域より著しく低温であるが、およそ 30 m 以深では逆に周辺域より高温となっている。大陸棚上では、表層とは逆に

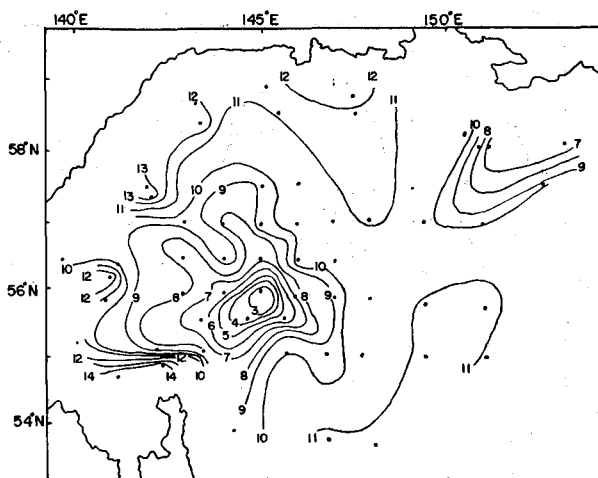


Fig. 2. Temperature distribution at the surface on the northern part of the Okhotsk Sea in September, 1970

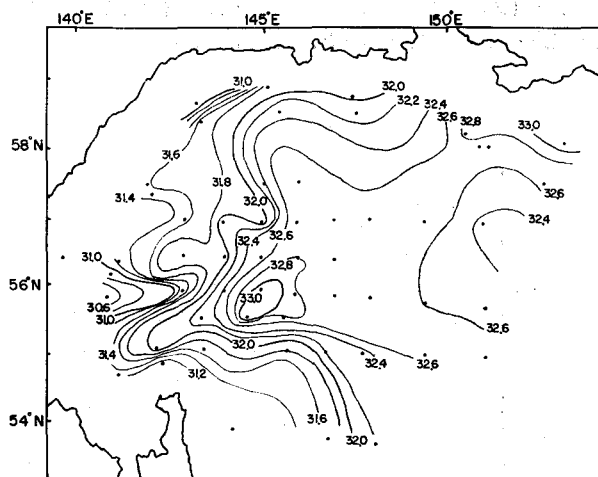


Fig. 3. Salinity distribution at the surface on the northern part of the Okhotsk Sea in September, 1970

-1.5°C以下のきわめて寒冷な水系が、ほぼ200m等深線に沿うように広がっている。Koni半島沖合では、資料が少なく明確ではないが、大陸棚上に一般的にみられる冷水は存在しない。

塩分水平分布は、水温分布にみられるような明確な分布特性はないが、躍層下の各層水平面において、西方域の大陸棚上が高鹹、Khmitvev kago半島沖合の大陸棚上が低鹹を示している。

樺太北東域（表層低温域）の躍層下の塩分は複雑な分布を示し周辺域との関連は、明確でないが100m以深では、概して周辺域より低鹹である。

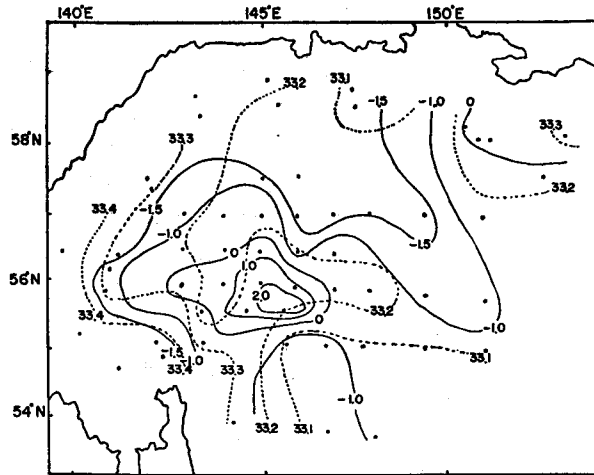


Fig. 4. Temperature and salinity distribution at the 100 m layer on the northern part of the Okhotsk Sea. Real lines are isotherm and dotted lines are isohaline.

2-2 水温・塩分・酸素の鉛直分布

Fig. 1 に示すように、A (およそ 148°E の経度線に沿う)、B (およそ 56°N 緯度線に沿う) の二つの断面をとり、水温・塩分・酸素の分布を示すと、Fig. 5, 6, 7 のようになる。水平分布でも述べたよ

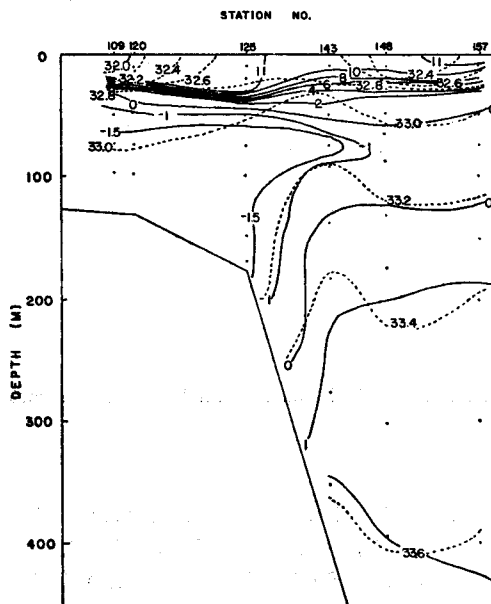


Fig. 5. Temperature and salinity distribution on the A section in Fig. 1. Real lines are isotherms and dotted line are isohaline.

うに大陸棚上の躍層下 (40 m~50 m) には、 0°C 以下の冷水がみられる。特に 60~70 m から海底にいたるまでは、 -1.7°C 前後の著しく寒冷な水温層が存在する。大陸棚以遠の沖合では、大陸棚上にあった底冷水が、100 m 前後の中層に連らなっており、いわゆる中冷水となっている。陸棚上にある底冷水に比べると、このような中冷水の冷水勢力は、いく分弱い。陸棚上にある底冷水は、大陸棚斜面に沿っていく分下層に広がっているとみられるが、陸棚上の底冷水は、斜面上にある上層水より密度が小さいので、東支那海などにみられるような機構による落下 (cascading) 現象⁶⁾ ではないと考えられる。

溶存酸素量は、一般に水温躍層にあたる 20~30 m 前後で著しく高く、特に沿岸域のこの層では、過飽和となっている。底冷水、あるいは中冷水の酸素量はきわめて高く 6cc/l を越える。

B 断面は、北部大陸傾斜面とはほぼ平行で、西側の St. 114, 105 は、大陸棚上にある。この断面の中央附近は、表層冷水域に含まれるため、水温・塩分・酸素は、特異な分布を示している。すなわち、この大陸棚上は、Khmiterskago 半島沖の陸棚上と同様、底層に著しい冷水がみられるが、西方域の底冷水は、前者の北方域の底冷水に比べて塩分が高く、溶存酸素量は少ない。これは、両海域の底冷水生成機構に幾分の違いがあるためと考えられる。

深度が大きい沖合の St. 157 の観測資料によると 1000 m 層付近には、太平洋系水とみられる水温およそ 2.4°C の下層水があり、大陸棚斜面に沿って上層に影響をおよぼしていると考えられる。この傾向は、水温より塩分・酸素の分布に顕著にあらわれる。底冷水あるいは中冷水の塩分は、消滅過程において大きく変化する⁷⁾ が、この断面における中冷層の塩分は、32.8% から 33.2% の間にみられる。表層冷水域に隣接する St. 134, 135 では、水温・塩分・溶存酸素量などの分布から、表層水がやや水平移行しながら沈降し、表層冷水域の下層に及ぶと考えられる。

St. 134 は、St. 153 附近を中心とする海盆の一部にあたり、底層における塩分・酸素の分布をみるとこの点近くでは、周辺域にくらべて高鹹・低酸素となっている。B 断面においても、A 断面と同様、大陸棚上において冷水が有勢で水温・塩分の躍層は、沖合にくらべて深度が浅くそれらの鉛直こう配は大きい。

8 T-S 曲線の特性

北部オホーツク海の代表的な T-S 曲線を示すと Fig. 8 のようになる。図中、St. 149 は、沖合によくみられるもので、表層水・中冷水・下層水 (太平洋系水) の 3 水系よりなっている。St. 114, 120 は、陸棚上に一般的にみられるもので、表層水と底冷水の 2 水系、St. 151 は、特異海域である表層冷水域のもので、ほぼ表層から下層まで均一な水系である。St. 121 は、Penjinskii 湾口の大陸棚上にあたり、この曲線には、一般に陸棚上にみられる寒冷水系は、存在しない。

Penjinskii 湾は、潮汐の干満差が大きいため、湾口付近は、潮汐流による乱渦流が、生じると考えられ、そのために、表層水の混合が起こり、冷水層が消滅したものと考えられる。また、沖合では、200 m 層付近にみられるやや高温、高鹹な水系が、この海域では、100 m 前後にあらわれることから、下層水も上層に影響をおよぼして、冷水層を減衰させる動きをされると考えられる。St. 114, 120 は、ともに大陸棚上にあり、寒冷な底冷水をもつが、その塩分量には、かなりの差がある。これは、冬季結氷時において西方域 (St. 114) の方が寒冷であるために結氷にともなう塩分の析出が多く塩分濃度を著しく高めるためと考えられる。さらにまた、夏季における流動状態は、Khimitevskago 半島南方域の底冷水は、陸棚斜面に沿っていく分移動する傾向があり、したがって補流的に低鹹な表層水の下層におよぶ影響は、西方域よりも大きいであろう。このことは、この海域の水温躍層が西方域よりも深いことと矛盾しない。このような理由からも、底冷水の保存性が強い西方域の方が、単位水柱についての塩分総量が高く冬季結氷前の対流混合時の表層から底層までの均一水において、西方域がすでに高鹹な状態にあると考えられる。

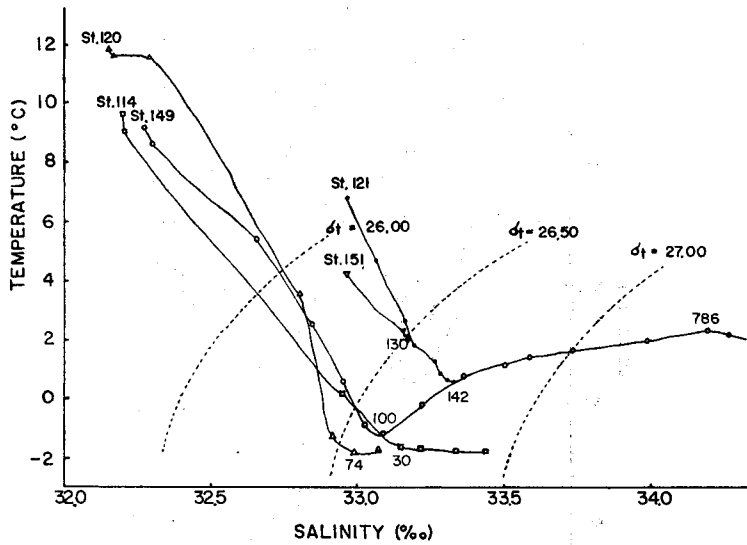


Fig. 8. Typical T-S curves on the northern part of the Okhotsk Sea in summer.

4 オホーツク海北西部にみられる特異海域

北部オホーツク海の海洋構造を複雑にし、かつ特徴づけているものに樺太北東の表層冷水域（特異海域）がある。表層冷水域の中心を切る断面 C (Fig. 1) をとり、水温・塩分・酸素の分布を示すと Fig. 9, Fig. 10 のようになる。

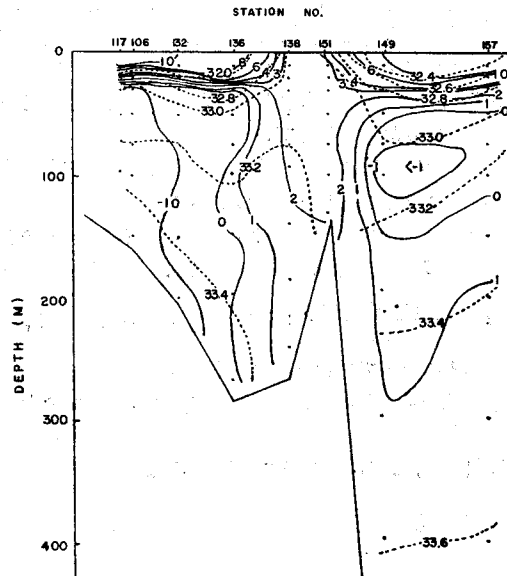


Fig. 9. Temperature and salinity distribution on the C section in Fig. 1. Real lines are isotherms and dotted lines are isohaline.

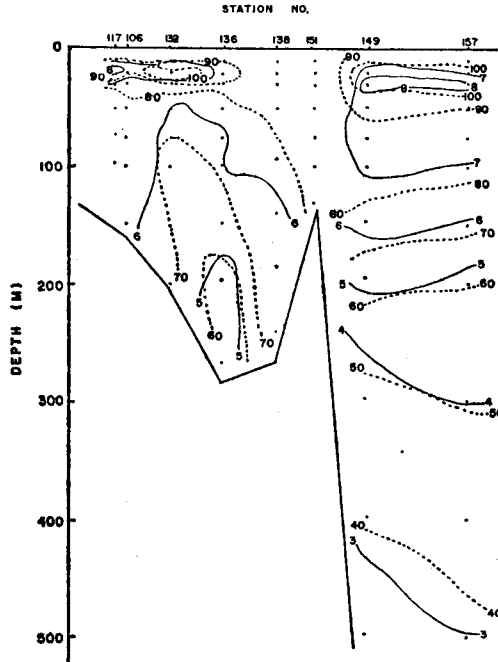


Fig. 10. Distribution of dissolved oxygen on the C section in Fig. 2. Leal lines show contents of dissolved oxygen (cc/l) and dotted lines show saturation percentage (%).

表層冷水域の中心は、海底地形図 (Fig. 1) から明らかなように、沖合にある堆の上にある。中心域における水温・塩分・酸素量は鉛直的には、ほぼ等しく、上層、下層とも均一水となっている。したがって表層では、周辺域より低温・高鹹であっても、下層では、周辺域より高温・低鹹の傾向がある。特に、水温構造においては、周辺域にみられるような寒冷な底冷水、あるいは、中冷水がまったく存在せず、周辺域と大きく異なった形となっている。

この海域において、今までに行なわれた観測結果は、いずれもこの特異現象を示しており、これが少なくとも夏季には定常的なものであることを示唆している。

Table 1 は、表層冷水域の特性をみるために、異なった時期 (6月から9月) の観測結果より、水温、塩分、各層間の鉛直安定度 E 、総熱量 Q 、平均水温 T_A 、平均塩分 S_A を示した。

鉛直安定度 E は、
$$E = \frac{\sigma_{s1D} - \sigma_{s1'D'}}{\Delta z} \times 10^{-3}$$
 であらわされる。

ここに、 σ_{s1D} ; 海水を深度 D に持って来たときの現場密度

$\sigma_{s1'D'}$; ある深度より Δz 上層における現場密度にさらに Δz の水圧による密度増加を加算した値

表層より s m までの水柱 (単位, cm^3) における総熱量 Q は

$$Q = \int_0^s C_p \cdot T ds \quad \text{であらわされる。}$$

ここに、 C_p : 比熱

T : 水温

s : 1937年の資料では、100 m、その他は 125 m

$$T_A = \frac{1}{x} \int_0^x T dx$$

$$S_A = \frac{1}{x} \int_0^x S dx \text{ とする。}$$

1937年 St. 81, 1942年 St. 71, 1969年 St. 118, 1970年 St. 138, St. 151は、いずれも表層冷水域と考えられるが、この海域における鉛直安定度は、周辺域にくらべ著しく低く、表層から底層(約130m)までの鉛直混合が起こりやすいことを示している。

表層から底層まで、均一な水系であるこの特異海域の中心における平均水温 T_A は、 0.22°C から

Table 1. Temperature (T), salinity (S), vertical stability (E), total heat capacity for unit water column (Q), average temperature (T_A), average salinity (S_A) at stations in a singular sea region and around one

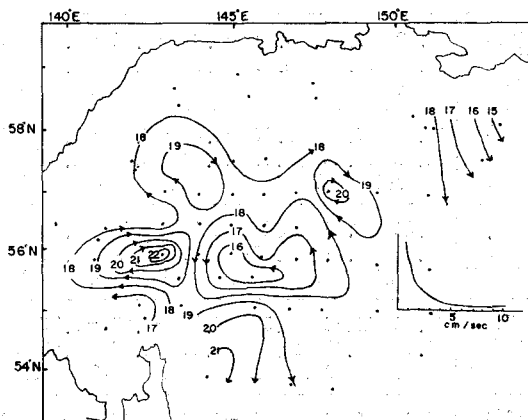
Station	Depth		0 m 10 m 25 m 50 m 75 m 100 m 125 m							
	T(°C)	S(‰)								
Observed Date 1937, 6, 15-16, R/V Komabashi	55°-30'N 145°-35'E St. 81	T(°C) S(‰) E(×10 ⁶)	0.19 33.30 0	0.22 33.30 -27	0.22 33.26 0	0.22 33.26 -4	0.22 33.24 -8	0.22 33.21	0.22	Q=1939 cal $T_A=0.22^\circ\text{C}$ $S_A=33.26\%$
	55°-33'N 143°-52'E	T(°C) S(‰) E(×10 ⁶)	1.54 32.99 60	1.16 33.00 40	0.01 33.04 12	-0.28 33.04 28	-0.24 33.13 24	-0.19 33.21 4	-0.07 33.25	Q=602 cal $T_A=0.06^\circ\text{C}$ $S_A=33.08\%$
	55°-35'N 142°-25'E	T(°C) S(‰) E(×10 ⁶)	3.73 32.28 70	3.20 32.30 427	0.68 32.84 60	-1.38 32.95 28	-1.42 33.05 40	-1.45 33.15 -4	-1.39 33.13	Q=-1495 cal $T_A=-0.16^\circ\text{C}$ $S_A=32.89\%$
Observed Date 1942, 8, 3-6, R/V Ryofu Maru	55°-46'N 144°-54'E St. 71	T(°C) S(‰) E(×10 ⁶)	2.21 32.97 -10	2.12 32.95 27	1.63 32.95 4	1.40 32.95 4	1.38 32.95 -4	1.40 32.95 0	1.41 32.95	Q=18086 cal $T_A=1.54^\circ\text{C}$ $S_A=32.95\%$
	56°-46'N 144°-56'E	T(°C) S(‰) E(×10 ⁶)	10.39 32.54 340	8.90 32.77 587	2.65 32.83 138	-0.28 32.99 56	-0.89 33.13 4	-0.82 33.19 8	-0.56 33.22	Q=14984 cal $T_A=1.28^\circ\text{C}$ $S_A=33.02\%$
	55°-43'N 150°-12'E	T(°C) S(‰) E(×10 ⁶)	10.28 32.21 200	9.18 32.23 833	0.67 32.59 120	-1.63 32.86 28	-1.50 32.95 24	-0.95 33.03 8	-0.02 33.12	Q=7256 cal $T_A=0.62^\circ\text{C}$ $S_A=32.81\%$
	55°-40'N 147°-33'E	T(°C) S(‰) E(×10 ⁶)	10.62 32.23 190	9.54 32.25 72	2.07 32.48 64	-1.48 32.49 172	-1.46 33.01 0	-1.32 33.04 -20	-0.45 33.01	Q=5527 cal $T_A=0.47^\circ\text{C}$ $S_A=32.82\%$
Observed Date 1969, 8, 19-22, R/V Oyasahio Maru	55°-59'N 144°-52'E St. 118	T(°C) S(‰) E(×10 ⁶)	2.28 33.26 20	2.29 33.27 13	2.16 33.27 4	2.05 33.27 0	2.06 33.27 4	1.98 33.27 0	1.88 33.28	Q=24600 cal $T_A=2.10^\circ\text{C}$ $S_A=33.27\%$
	55°-09'N 142°-10'E	T(°C) S(‰) E(×10 ⁶)	12.60 31.73 750	11.59 32.48 947	2.98 32.81 180	-0.78 33.07 44	-0.87 33.19 12	-0.77 33.25 32	-0.92 33.33	Q=18349 cal $T_A=1.56^\circ\text{C}$ $S_A=33.00\%$
	55°-51'N 146°-45'E	T(°C) S(‰) E(×10 ⁶)	10.00 32.75 10	9.90 32.74 13	3.60 33.01 144	-0.19 33.09 20	-0.57 33.14 28	-0.64 33.25 -12	0.11 33.35	Q=19900 cal $T_A=1.69^\circ\text{C}$ $S_A=33.10\%$

Observed Date 1970, 9, 13-15, E/V Oyashio Maru	55°-37'N 145°-36'E St. 151	T(°C) S(‰) E($\times 10^6$)	4.1	2.27	2.19	2.17	2.17	2.18	2.18	Q=26555 cal T _A =2.26°C S _A =33.17‰
	56°-00'N 145°-00'E St. 137	T(°C) S(‰) E($\times 10^6$)	2.6	2.32	2.31	2.18	2.15	1.96	1.91	Q=25361 cal T _A =2.16°C S _A =33.20‰
	55°-06'N 146°-40'E	T(°C) S(‰) E($\times 10^6$)	9.1	8.62	3.96	0.57	-0.94	-1.23	-0.70	Q=16920 cal T _A =1.44°C S _A =32.89‰
	57°-22'N 142°-07'E	T(°C) S(‰) E($\times 10^6$)	13.8	13.56	-1.22	-1.55	-1.73	-1.76	-1.76	Q=2703 cal T _A =0.23°C S _A =33.00‰

2.26°C と大きな差が認められる。これは、おそらく観測時期の違いによるもので、表層水温上昇期には、 T_A も高くなると考えられる。中心域における平均塩分 S_A は、33.0‰ から 33.3‰ ぐらいの間で変化するが、季節による差は、明らかでない。さらに、特異海域中心とその周辺域との総熱量 Q 、平均水温 T_A を比較すると、いずれの資料も、中心域において高いことを示している。酸素量、塩分量などの分布状態からは、温暖な下層水（太平洋系水）からの熱補給（湧昇）は考えられない。すなわち、800m~1000m に中心をもつ下層水との鉛直混合は行なわれないと考えられる。表層からの鉛直的な熱収支によって、中心域の Q 、あるいは T_A が支配されるなら、周辺域と大差ない値をもつであろう。しかし、中心域の Q あるいは T_A は、周辺域のそれより高いことは鉛直的にのみ熱量の移行が行なわれるのではなく、周辺域の昇温した表層水が躍層より上層において移流的に影響をおよぼし、この海域を中心に水平混合が起こるためと考えられる。

5 北部オホーツクの海水流動

北部オホーツク海は、大陸棚が発達しており、また樺太北東にみられるような特異海域もあるので、密度流計算によって海水の流動を明確にすることは、きわめて困難である。一応の傾向を求めるため 100 db 面を基準面として、力学的高低図を求めた。Fig. 11 は、100 db 基準、表層までのダイナミック



g. 11. Dynamic topography ($\Delta D \times 10^9$) of the surface relative to the 100-decibar reference surface

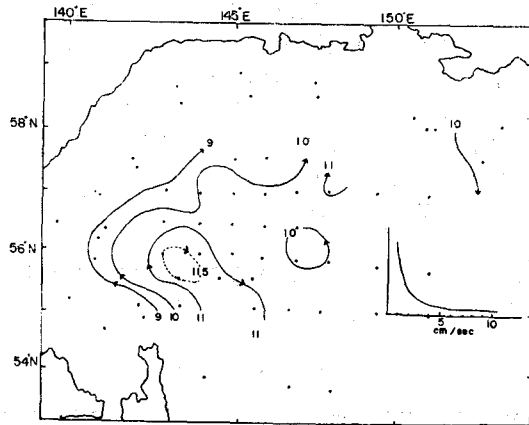


Fig. 12. Dynamic topography ($\Delta D \times 10^3$) of the 30-decibar layer relative to the 100-decibar reference surface

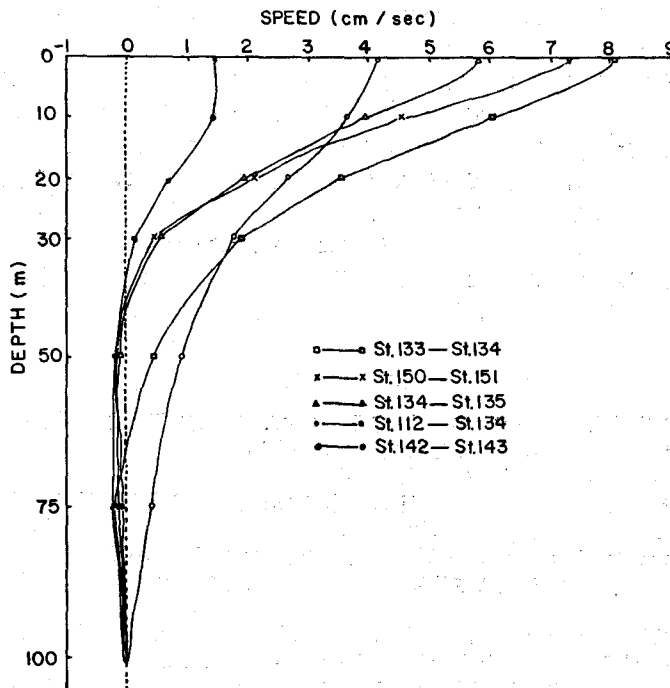


Fig. 13. Vertical profile of current speed relative to the 100-decibar reference surface

クデプス・アノマリーの分布である。

表層冷水域では、アノマリー値は小さい。密度海流理論における諸条件を満たしていると仮定すると、表層においては、冷水域の西方では、著く発達している。沿岸近くでは、アムール海湾から東行

し、南下する流れと、200 m 深の等深線に沿うように北上し、東行する流れを推測することができる。Khmitevskago 半島沖では、明確ではないが沖合への流動が考えられる。

Fig. 12 は、100 db 基準、30 db までの、ダイナミックデプス・アノマリーである。躍層の下層にあたる 30 db 面においては、海水流動の傾向が表層とは大きく異なる。すなわち、表層にみられた左旋環流は、ほとんど姿を消し、西方域の右旋環流が明確に認められる。流速の鉛直分布 (Fig. 13) を見ると、流速は、表層で大きく、水温・塩分・密度などの躍層にあたる 20 m 前後で、急激に減少している。すなわち、流れはきわめて表層の薄い層に卓越し、躍層下での流動は、著しく緩慢であると考えられる。

表層流速値については、最大値で 0.2 Knot 以下の流速しか求めることができないが実際には、より大きな流速が考えられる。

6 む す び

以上、北部オホーツク海の夏季の海況について検討を行った。この海域の大きな海況特性の一つは、樺太北東に、表層冷水域（特異海域）が形成されることであろう。特異海域の中心勢力（表層冷水温、冷水温域の広がり）は、年によっていくぶん変動があると考えられるが、夏季にはほぼ定常的にこの特異海域が形成されている。この海域の一般的な海洋構造については、本報告でやや明らかになったと考えるが、特異海域の生因機構については明確にすることはできなかった。この問題については、今後、異なる季節の海洋観測や、実測流などが望まれる。Penjinski 湾を含むオホーツク海北東域の観測が欠けているため、大陸棚上の底冷水の有無は明確ではないが、おそらく Koni 半島沖付近から東方では、冬季の冷却、沈降によって形成された陸棚上の底冷水の勢力は、衰えていると考えられる。その他の海域の底冷水はきわめて寒冷で周年を通じてほとんど変化はなく、特に西方域では、冬季冷却を何度もうけた多年性の底冷水が存在すると考えられる。この海域には、サケ・マス類やニシンなどの有用魚族が洄遊し、生棲しているが、これらが夏季表層を除いて、概して寒冷な、しかも複雑に変化する環境にどのように対応しているか、今後の興味ある研究課題であろう。

この報告を終るにあたり、海洋観測にご協力いただいたサケ・マス調査船「親潮丸」の乗組員各位に心から、お礼申し上げます。また、終始御指導、御助言を賜った北海道大学水産学部 今田光夫教授、竹内能忠教授、辻田時美教授、並びに秋葉芳雄助教授に厚く感謝いたします。

文 献

- 1) 梶浦欣二郎 (1949). オホーツク海の夏季海況について. 日本海洋学会誌 5(1), 19-26.
- 2) 海上保安庁水路部 (1951). 水路要報増刊号 6, 106-113.
- 3) ——— (1963). 水路要報 74, 42-49.
- 4) 北大水産学部北洋水産研究施設漁業部「門」(1969). 海洋調査漁業試験報告 90-126.
- 5) Akiba, Y., Yamamoto, S, and Ueno, M. (1959). On the oceanographic condition of Okhotsk Sea in summer of 1958. 北大水産彙報 10(1), 37-46.
- 6) 辻田時美 (1956). 東支那海および対馬海峡の漁業海洋学. 西海区水産研究所研究業績 84, 1-47.
- 7) 未発表
- 8) Uda, M. (1956). Research on the fluctuation of north Pacific circulation. *Records of Oceanographic Works in Japan.* 43(2), 1-13.
- 9) Zenkevitch, L. (1956). *The Biology of the Seas of U.S.S.R.* 955p. London; George Allen & Unwin Ltd.