HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	夏期のAlaskan Streamについて
Author(s)	大谷, 清隆
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 15(4), 260-273
Issue Date	1965-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23240
Type	departmental bulletin paper
File Information	15(4)_P260-273.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

夏期の Alaskan Stream について*

大谷清隆
(北海道大学水産学部海洋学気象学講座)

On the Alaskan Stream in Summer

Kiyotaka OHTANI

Abstract

On the basis of data obtained by the training ships "Oshoro Maru" and "Hokusei Maru" of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University, discriptions and considerations have been given to the Alaskan Stream in summer between 1957 to 1963.

Domain of the Alaskan Stream is defined by the vertical 4.0°C (or 3.75°C) isotherm at the depth of 150 meters or 200 meters in a vertical section.

The Alaskan Stream has the widths of 120–160 nautical miles in a section along longitude 172°W, 140–180 n. miles in a 180° section, and 80–140 n. miles in a 172°E section, respectively.

Volume transport to the west estimated at some sections for the layer from the surface to the depth of 600 meters amounts to 2.8–6.5×$10^6$$m^3$/sec. Quantity of the transportation reached to the Attu island region decreases under the influence of latitudinal variation of the area drained at far east. (Fig. 15)

Warmth of the Alaskan Stream is determined by the heat quantity of water column over unit area of bottom at the center of stream. It is more warm in 1963, and colder in 1958.

I 緒　　言

北洋鮭鱒漁業において日ソ漁業協定にもとづき漁獲量の制限が行われ，さらに漁業の近代化に伴い最小の努力量によって最大の漁穫を得る事が必要となった。その一手段として魚群の行動と環境との関連についての知識が要求され，一方資源量の変動を知る上からも，鮭鱒漁場の物理環境としての海洋学的研究が要求され現在まで数多くの研究の結果が発表されている。亜寒帯水域の海流系についてはすでに Hirano (1957), Koto & Fujii (1958) 等の報告があるがさらに Dodimead, Favorite & Hirano (1963) は数多くの調査研究の結果を総括し海流系を明かにした。

それによると，Alaskan Stream は Alaska 湾を源として Alaska 半島および Aleutian 列島に沿って西流する比較的温暖な海流として認められている。そしてこれと接する水系は南側に Subarctic Current, 北側に Bering Sea Gyre, 西側に Western Subarctic Gyre がある。しかしこれら海流系の相互関係，および漁業者，資源学者により指摘されている Alaskan Stream の与える鮭鱒漁場形成機構，漁群の洄游径路の移動，資源量の変動等への影響は今後の研究にまたなければならない。筆者はその初期的研究として Alaskan Stream の夏期における形状について 1957 年から 1963 年にわ

* 昭和 39 年度日本海洋学会春季大会において発表

たり，主として 6・7 月に行われた北大水産学部練習船おしょろ丸と北星丸の観測資料にもとづいて若干の整理考察を試みたのでその結果を報告する。

II Alaskan Stream の境界

一般に亜寒帯水域の水系間には顕著な差異が認められない。Koto & Fujii は Alaskan Stream の境界を中冷層の極小温度（以下中冷層水温と称する）3.0°C をもって示し，これより高温な範囲を Alaskan Stream の海域としている。同様に Dodimead et al., は 34.0% の等塩分面での 3.75°C の水温をもって境界を規定している。

Fig. 1 は先に述べた 4 水系に属する Attu 島付近の観測点の T-S 図である。図に示されるように中冷層水温には比較的大きな差が見られる。しかし Subarctic Current の中冷層は他の 3 水系と異なって極小水温は塩分躍層の中に見られ Koto & Fujii の指摘したようにその生成機構が異なること，ならびに Alaskan Stream 自体の冷却の度合により流域南西部ではその境界が明瞭でない場合がある（Fig. 2, 1959）。従ってここでは中温層の極大温度（以下中温層水温と称する）によって境界を定めた。中温層水温は両水系によってその位置する深さは異なっているが共に塩分躍層底部に相当している。また Dodimead et al., は Western Subarctic Domain として上層部下限の温度が 3.5°C 以下の範囲と規定している。

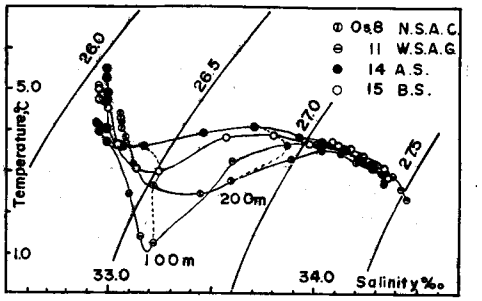

Fig. 1. T-S diagram for stations in the region neibouring Attu island, 1961.
N.S.A.C.; Northern portion of the subarctic Current,
W.S.A.G.; Western Subarctic Gyre,
A.S.; Alaskan Stream, B.S.; Bering Sea

Bering Sea Water との境界は Fig. 4, 5 の中温層水温水平分布図では漠然としている。一般に東側では明瞭な場合もあるが，西側の Bowers Bank と Attu 島にかこまれる海域では垂直混合が行われるためか中冷層水温は比較的に高く，中温層水温は低い場合が多い。そのためこの海域では境界は漠然としているものと思われる。

Western Subarctic Gyre との境界は中冷層水温，中温層水温のいずれを指標としても明瞭でほとんど両指標を用いた結果は一致する。

このように水温を指標として水系の境界を決定することは資料整理・解析作業上容易であり一般的に問題はない。しかし単にある水温値をもってその境界とすることは，上層部の冷却の度合によって，または各水系間相互の変質があった場合好ましくない結果を生ずると思われる。例えば，小藤 (1964) によって指摘されているように，Fig. 4 では Western Subarctic Gyre 内に見られる 3.5°C の等温線は Fig. 5 では 50°N 以南に下っている。同様に 3.6°C の等温線も 50°N 以北には見られない。これらの事実は Western Subarctic Gyre 自身の温暖化によるものか，各水系の水自体の運動の状態を表わしているのかは論外としても一考さるべき点ではないかと思われる。

従ってここでは，Fig. 2-5 について一定水温値で境界を決めず等温線の密な範囲を境界域とした。すなわち，Fig. 2 では 2.5-3.5°C を Bering Sea Water および Western Subarctic Gyre との境界域とし，Subarctic Current との境界域は Fig. 4 の 3.6-4.0°C の範囲として 1959 年の Alaskan Stream の流域とした。1961 年についてはそれぞれ Fig. 3 の 2.5-3.5°C, 2.0-3.0°C, Fig. 5 の 3.8-4.0°C を境界域とした。

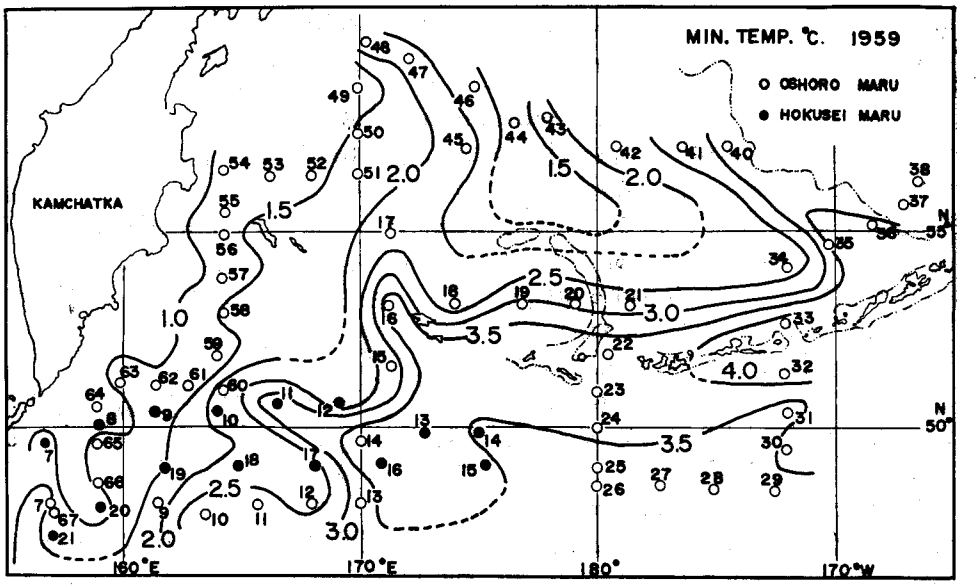

Fig. 2. Station positions and minimum temperature in the dichothermal layer, June 12–July 21, 1959. Numerals attached to the circles indicate the number of the hydrographic station.

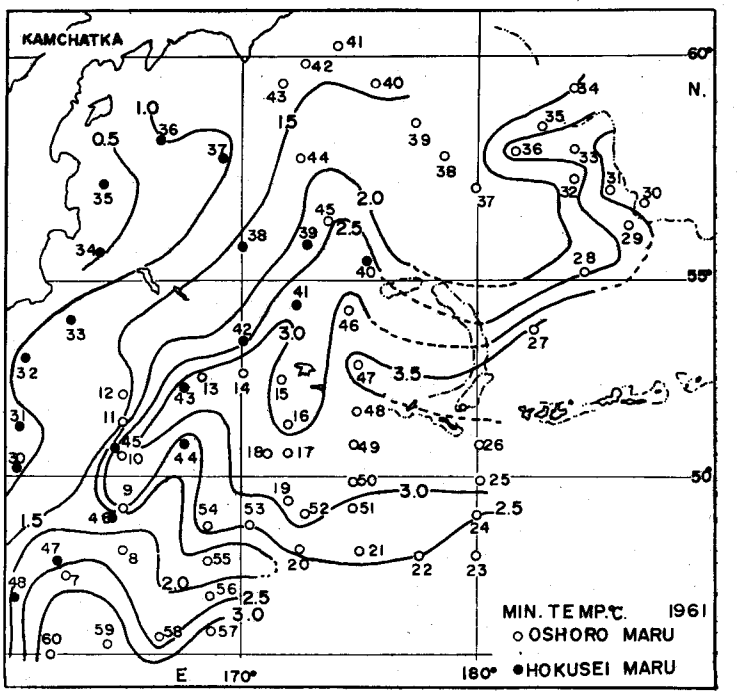

Fig. 3. Station positions and minimum temperature in the dichothermal layer, June 17–July 31, 1961. Numerals attached to the circles indicate the number of the hydrographic station.

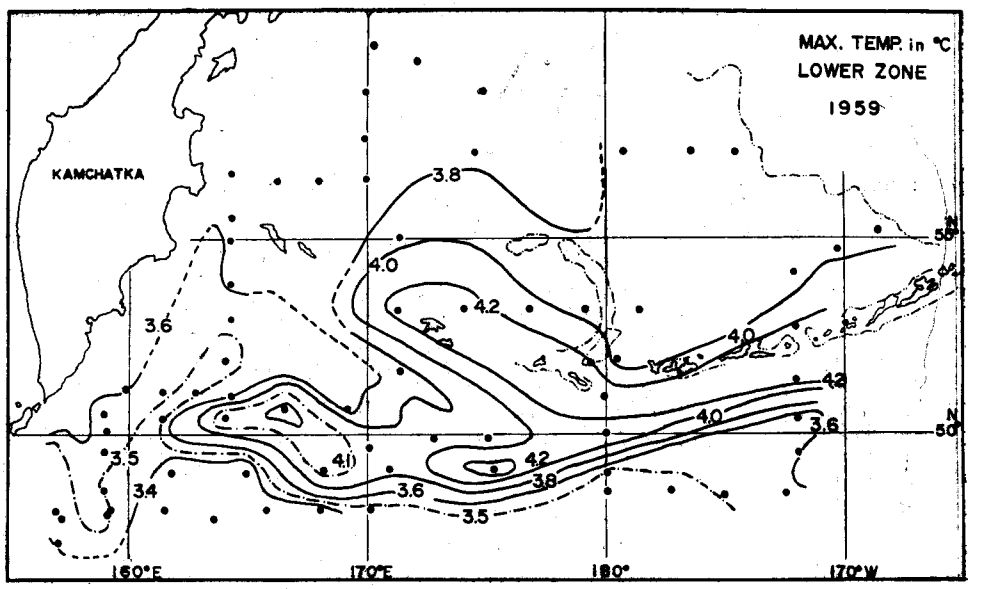

Fig. 4. Horizontal distribution of the maximum temperature under the dichothermal layer, 1959

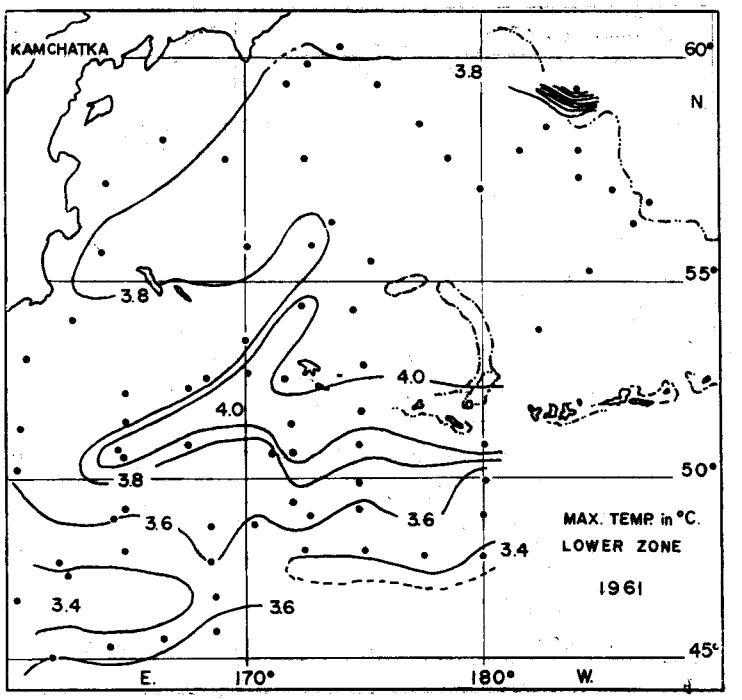

Fig. 5. Horizontal distribution of the maximum temperature under the dichothermal layer, 1961

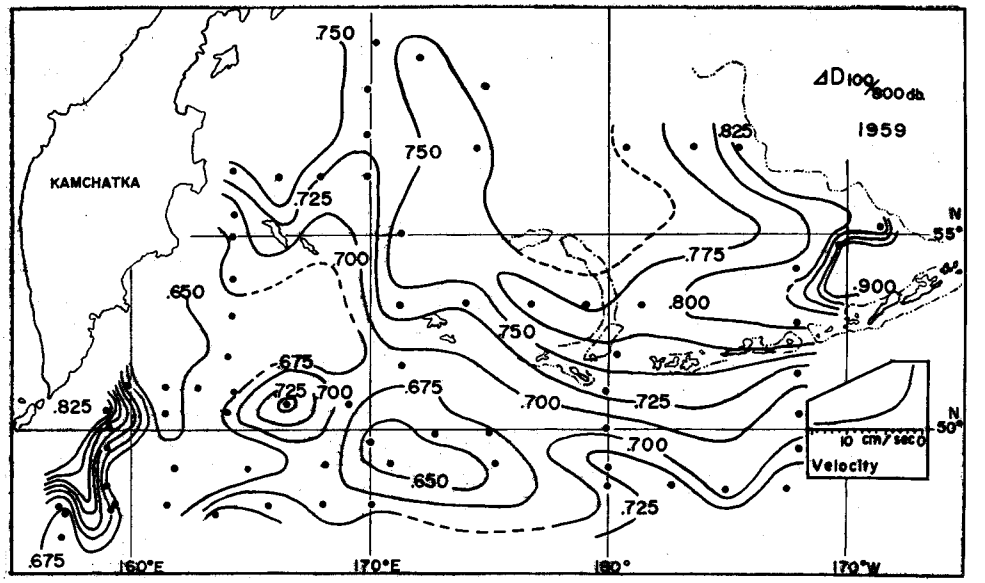

Fig. 6. Geopotential topography of the 100-decibars surface relative to the 800-decibars surface, 1959

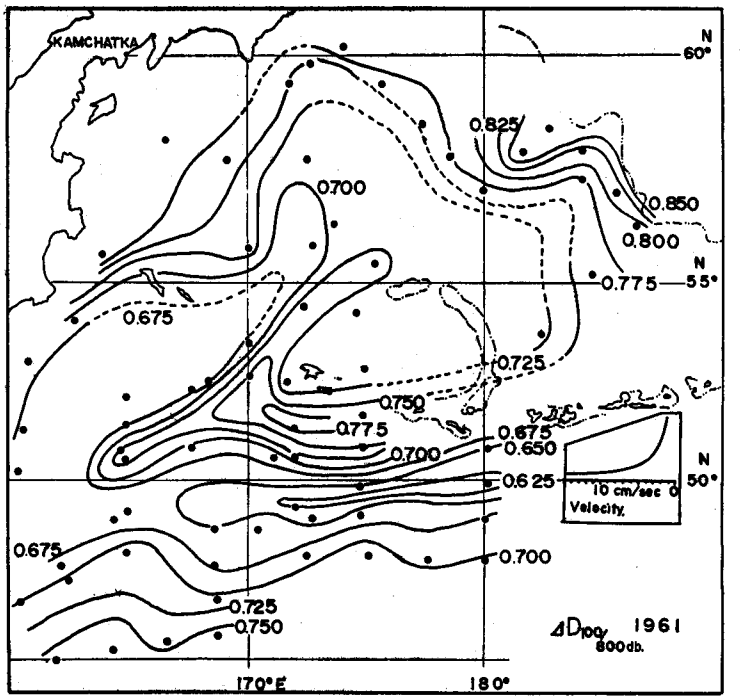

Fig. 7. Geopotential topography of the 100-decibars surface relative to the 800-decibars surface, 1961

Alaskan Stream の流向とほぼ直角である経度線に沿った断面の水温垂直分布図（Fig. 9-14）では，これら境界域は中冷層の位置する深度以深で，ある温度範囲の等温線が垂直になることから容易に理解される。

III 流路の移動

漁業者にとっていわゆる魚道といわれるものがこれら水系間の境界域または流路によって影響されているとするならば，各時点においてそれを明らかにすることは極めて重要であると思われる。しかし現在は観測が一時点に限られているためこれらの影響等は明らかにされていない。また同様に流路すら概念的なものとして把握されているにすぎない。本報告もまたその制約を脱する事はできないが，年変動という観点で整理を行った。一般に Alaskan Stream は流速が小さく，力学計算で得られる流速は最大 15cm/sec 程度で，1959 年はとくに小さく 4-5cm/sec であった。しかし流速は各所により異なりまた本報告において本質的な問題点でないので詳述はさけるが，800 decibars を基準とした 100 decibars 面の力学的高低図を Fig. 6, 7 に示す。ここで 1959 年と 1961 年のみ平面図（Fig. 2-7）を示したのは観測点の不足のために他の年については示し得なかったためである。

両年について比較してみると，経度 180° 以東では観測点が粗であるが大差はないようである。極めて大きな差異は Western Subarctic Gyre との境界域の変動で

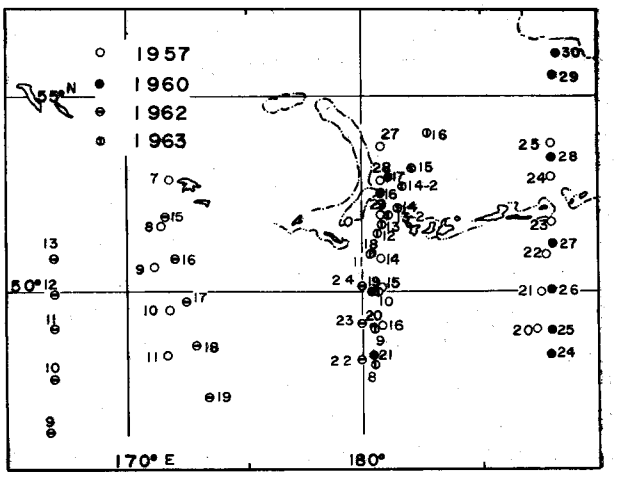

Fig. 8. Locations of vertical sections, June 25-July 7, 1957; June 21-30, 1960; May 28-June 5, 1962 June 13-14, 1963

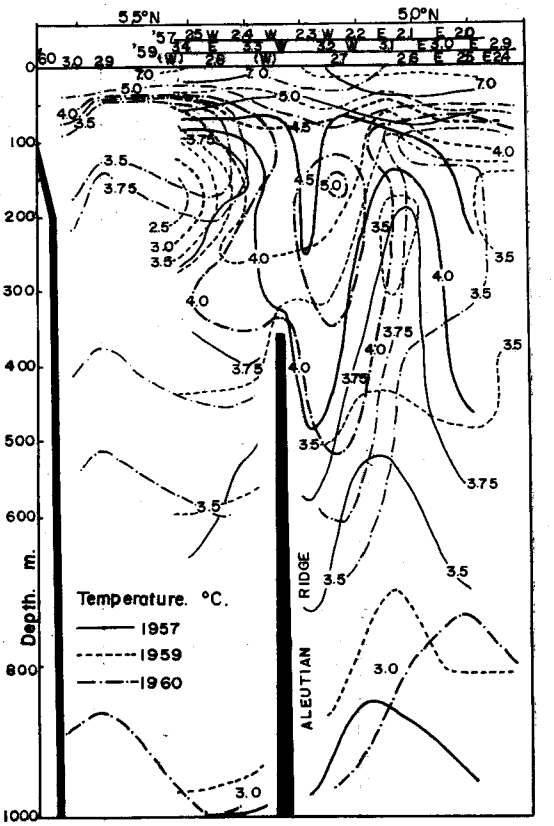

Fig. 9. Vertical sections of temperature along longitude 172°W. E and W indicate respectively the eastward and the westward flow across the stations

ある。1959 年には境界域が 51°N, 171°E 付近で東方に凸出して見られるのに対し，1961 年では 53°N, 170°E と 50°N, 164°E を結ぶ線上にある。そして Fig. 5, 7 に示されるようにこの境界域は比較的に単純な形を示している。1959 年は Fig. 4 で見ると 50°N, 170°E 付近で Western Subarctic Gyre と Subarctic Current にはさまれて Alaskan Stream は分断されたような形を見せ，Fig. 6 の力学的高低図もそれを示している。いずれの年が一般的（頻度の多い）な形状であるかはわからないが 1962 年は 1961 年と同様な形状を示すもののようである。Alaskan Stream の西への張り出しは小藤 (1964) によって報告されているが 1959 年，1961 年の両年では差異は見られない。全域にわたる流路の変動は資料不足のためこの両年のみしか比較できないので，ほぼ Alaskan Stream を直角に横切る断面の水温の垂直分布図によって各年の流路の移動を知った。

Fig. 8 は各断面図に用いた資料の測点図である。1959 年と 1961 年の観測点はそれぞれ Fig. 2, 3 に示されている。Fig. 9-14 に各断面の水温の垂直分布を示す。前述のように，垂直分布図によれば各水系との境界域が明瞭に示される。例えば Fig. 12 では St. 14 と St. 14-2 との間には Bering Sea Water と Alaskan Stream との境界域があり，Bering Sea の中冷層が塩分躍層の上に位置していることも一目瞭然である。同様に Subarctic Current との境界域は St. 10 近傍にあり，Subarctic Current の中冷層は塩分躍層の底部に位置している。これらの境界域の広さと位置は観測点間

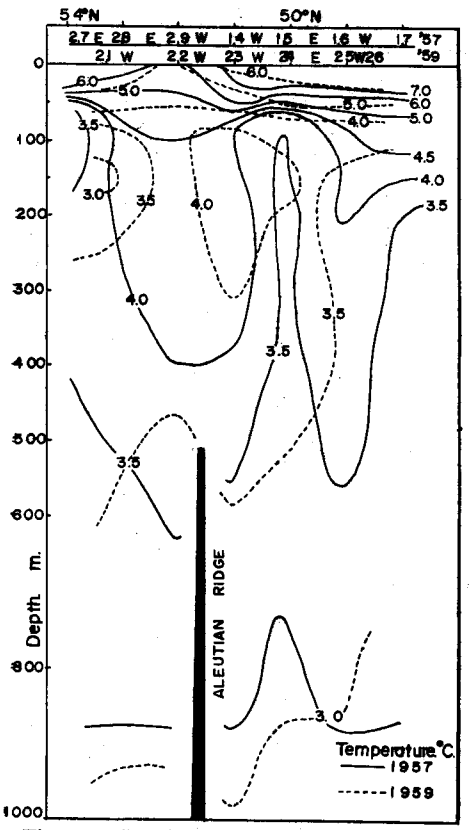

Fig. 10. Vertical sections of temperature along longitude 180°

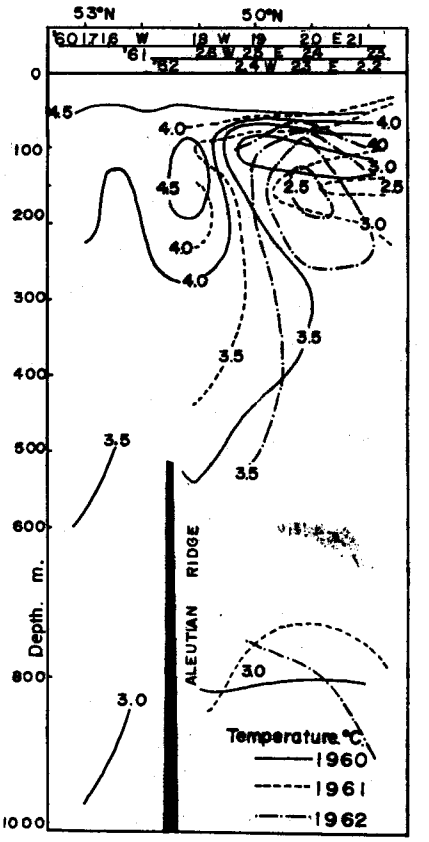

Fig. 11. Vertical sections of temperature along longitude 180°

隔の大いさによりある範囲の誤差を含むことは明らかではあるが，一応各年の各断面について，流路の移動について述べる。

Alaskan Stream の上流にあたる 172°W に沿う断面については 1957 年，1959 年，1960 年の 3 カ年の資料がある。Fig. 9 によると 3.5°C と 4.0°C，または 3.75°C と 4.0°C との等温線は中冷層の位置する深度において垂直であり，かつ密である。中心部の水温はその年によって異なるがこの現象は各年に共通している。ここで 4.0°C の等温線を境界域の内側とすると，流域としては両側に 20–30 n. miles を加えた範囲と思われる。(3.75°C の等温線の方が適当であるかもしれない。) 各年についてみると，1960 年は 4.0°C の等温線にかこまれる範囲がもっとも大きく，1959 年は小さい。流域の幅は各年共ほぼ同程度で 150m 深での 4.0°C の等温線の間隔は，120–130 n. miles である。3.75°C の等温線に注目すると，1959 年は 300m 深で北側に偏り Aleutian Ridge の南側には見られない。また流域の大半は Aleutian Ridge の北側，Bering Sea の中にあり他の年に比較して流路が北に偏していると思われる。

経度 180° に沿った断面の水温分布図を Fig. 10–12 に示す。この断面は 1958 年を除いて毎年観測されてきたが流域の両側の境界域が明確なのは 1957 年，1959 年，1963 年の 3 カ年である。中でも 1963 年の Fig. 12 はこの水域を良く説明していると思われる。Aleutian Ridge の上では湧昇現

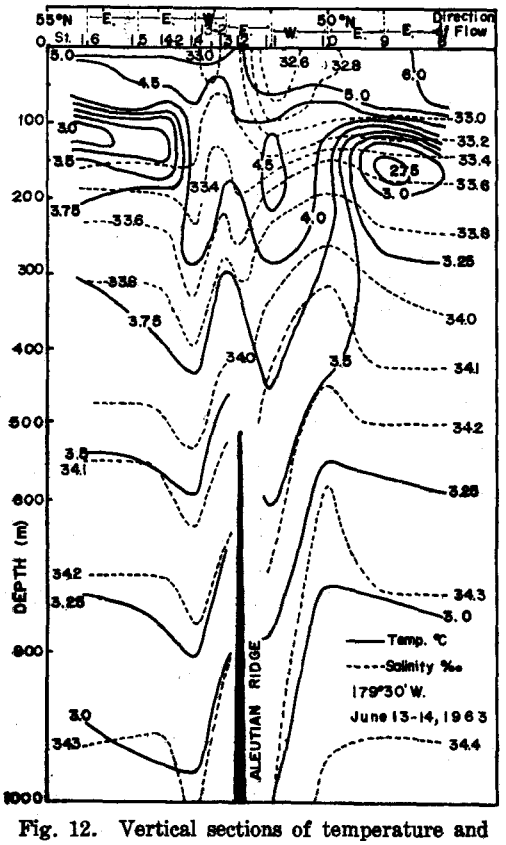

Fig. 12. Vertical sections of temperature and salinity along longitude 179°30′W, 1963

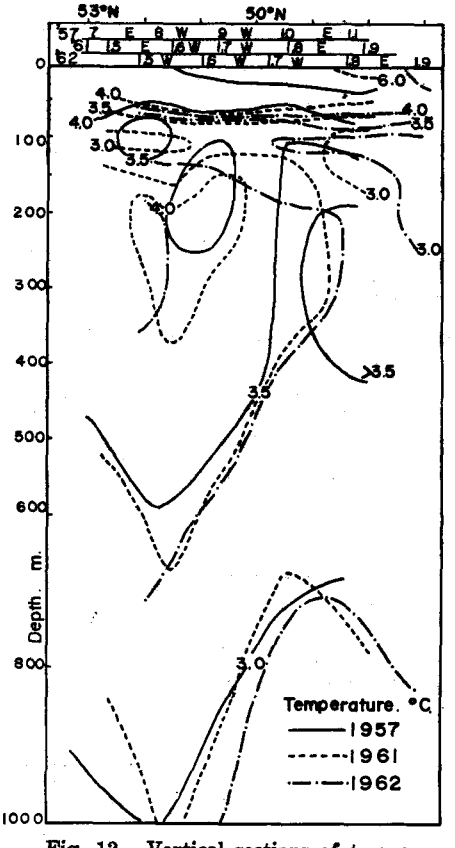

Fig. 13. Vertical sections of temperature along longitude 172°E

象が見られ，流向も Ridge の上で東（流れの右側）に偏し，後再び西流している。Fig. 10 に示されるように 1957 年は流路が大きく北に偏り，流向も北側の Bering Sea 内では東に向いているようである。他の年については顕著な偏りは見られない。

Fig. 13 と Fig. 14 に 172°E, 165°E と 167°E に沿った断面の水温垂直分布図をそれぞれ示した。Alaskan Stream の下流にあたるこの付近に達すると 4.0°C の等温線にかこまれる範囲は小さくなり，境界域の指標として 3.75°C または 3.5°C を用いた方が適当のようである。しかし，4.0°C の等温線にかこまれる範囲は流域の中心部と考えられる。Fig. 13 で見ると 1962 年は多少北に偏しているようである。Fig. 14 は 1961 年，1962 年の 2 年間のみであるが 3.75°C の等温線を境界とすると，1962 年は 172°E 線と同様北に偏っていると思われる。

172°W, 180°, 172°E について流路の南北への移動を 4.0°C の等温線を指標として Fig. 15 上段に示した。

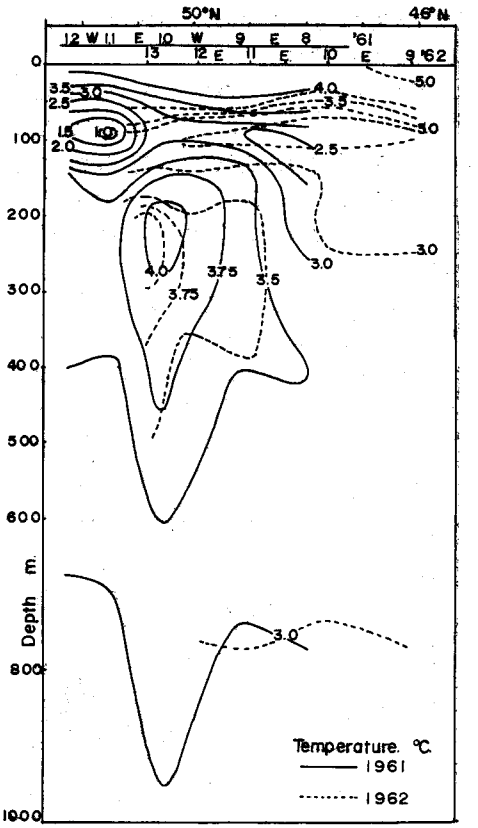

Fig. 14. Vertical sections of temperature along longitude 165°E; 1961, 167°E; 1962

IV 流　　量

Fig. 9–14 に示されている各断面を西方に流れる流量を計算し Fig. 15 下段に示した。流量の値は測点間隔の相違や他水系からの流入等もあって厳密なものではないが，一応の目安として 800 decibars を基準として，表面から 600m 深迄の流量を計算した。1956 年の値は Koto & Fujii による。Koto & Fujii に報告されているように，流量は 0–150m と 150–300m の間にはほとんど差がなく 300–600m の値と同程度である。1959 年の経度 180° での流量は 172°W での流量の約半分となっている。同様に 1957 年については172°W と 180° ではほぼ同程度であるが 172°E では 約 60% 程度に減少している。1961 年については 175°E での流量の方が 172°E での流量より小さくなっているのは両断面の観測された時期に約 1 カ月の隔りがあることと，両断面への他水系水の流入の状態に差異があったためと思われる。全般的に流量は西に行くに従って減少していることから，この間において Bering Sea または他水系への流出があったものと思われる。165°E まで達する流量は 1961 年の値のみであるが 180° 以東の半分程度に減少するものと思われる。各年，各時期によって流量には大きな変動があり，180° 以西においてそれがとくに顕著である。

V 流路の移動と流量の変動

Fig. 15 上段に 172°E, 180°, 172°W についての流域の位置を示し（1958 年と 1960 年の位置は Dodimead et al., による），下段に各断面での流量を示している。一断面について流量の値と流域の幅またはその位置との間には何らの相関も見出し得ない。1957 年の 180° に沿う断面と 1959 年の

172°W に沿う断面で流路が大きく北に偏していることはIIで述べたように明らかであるがこれらの下流にあたる 1957 年の 172°E, 1959 年の 180° での流量は Fig. 15 下段に示されるように，上流での流量の 50–60% に減じている。他の年については 172°W から 172°E の間に流量の値に差はあってもほぼ一定の割合で減少している。以上は僅かに二例であり，流量計算の結果に多少の疑問を抱くとしても，流路の変動がそれより下流に当る西側への流量に何等かの影響を与えていると考へられる。

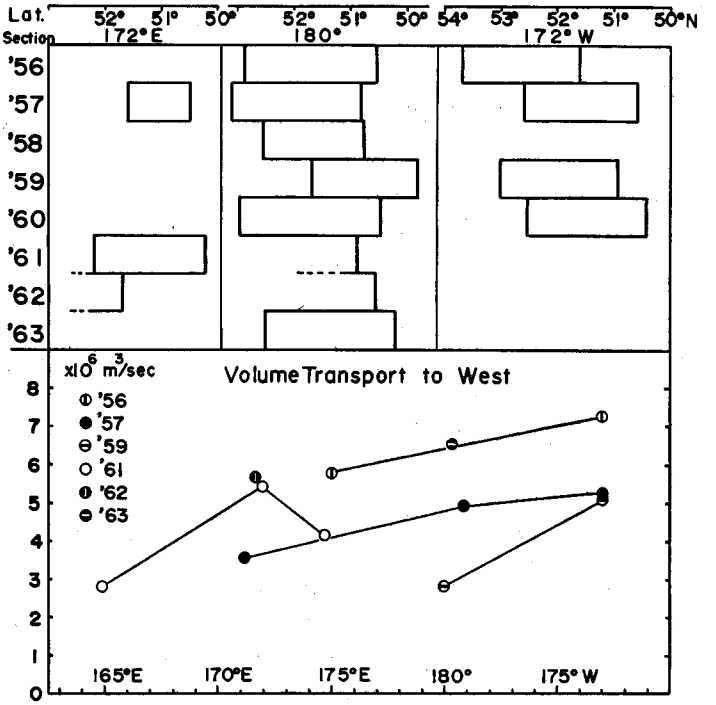

Fig. 15. Annual variations of the Alaskan Stream in the longitudinal sections

Upper) Variations of latitudinal position of isotherm of 4.0°C at the depths of 150 meters (172°W, 180°) and 200 meters (172°E)

Lower) Volum transport to west across the sections from the surface to the depth of 600 meters

VI 水温の垂直分布と熱的考察

他の水系に比較して全般的に温暖であることは Alaskan Stream の一つの特徴であるが，この温暖であることの指標として 4.0°C の等温線に注目すると，Fig. 9 の 172°W では年によつて異なるが 4.0°C の等温線は 300–500m 深にもおよぶ。中冷層は 1957 年と 1959 年のように見られない年がある。Fig. 10–12 の 180° についても 1957 年の如く中冷層のない年がある。1957 年は全般的に水温が高く 4.0°C の等温線は 400m 深に達している。他の年ではこの深さは 300m 程度である。Fig. 11 の 1960 年，Fig. 12 の 1963 年に見られるように Alutian Ridge の上で等温線は浅くなり，湧昇流があることを示している。また両年は 4.5°C 以上の水温が Alutian Ridge の南側に 150m 深を中心として見られる。

Fig. 13, 14 によると，Attu 島付近では中冷水は顕著に見られ，前年冬に冷却を受けていることは明らかである。4.0°C の等温線にかこまれる範囲は小さく，その中心は 200–300m 深に見られ塩分躍層の底部に位置している。Alaskan Stream の中冷層水温は Alaska 湾において受けた加熱または冷却による熱量分布の状態と，前年冬期に受けた冷却の度合により異なった値を各年示している。上層部には他水系の低温な水が Advection によって流入し，中冷層として見られる場合がある。Fig. 13 の 1961 年では北側より 3.0°C 以下の Bering Sea の中冷水が，Fig. 14 の 1962 年には南側より 2.5°C 以下の Subarctic Current の中冷水がそれぞれ Alaskan Stream の上層中に張り出している。北側の 1.0°C 以下の中冷水は Western Subarctic Gyre の中冷水と思われる。

Table 1. Results of calculation of T and Q. Os.; "Oshoro Maru", Ho.; "Hokusei Maru"

Year	Long. / Z	172°W Q(Cal)	172°W T(°C)	180° Q	180° T	175°E Q	175°E T	172°E Q	172°E T	165°E Q	165°E T
	m	**Os 44** Aug. 13		**Os 18** July 29		**Os 3** July 22					
1956	0~100	52.65	5.27	56.36	5.64	50.37	5.04				
	100~600	214.72	4.29	198.72	3.97	190.57	3.81				
	0~600	267.37	4.46	255.08	4.25	240.94	4.02				
		Os 23 July 6		**Os 29** July 9				**Os 9** June 25		**Os 4** June 21	
1957	0~100	50.78	5.08	49.47	4.95			47.23	4.72	38.27	3.83
	100~600	212.93	4.26	198.52	3.97			186.90	3.74	186.27	3.73
	0~600	263.84	4.40	247.99	4.13			234.13	3.90	224.94	3.75
		Os 13 June 18		**Os 2** June 8		**Os 18** June 23		**Ho 9** June 14			
1958	0~100	53.23	5.32	47.67	4.77	47.86	4.79	39.43	3.94		
	100~600	207.40	4.15	188.13	3.76	188.74	3.77	189.00	3.78		
	0~600	260.63	4.34	235.80	3.93	236.60	3.94	228.43	3.81		
		Os 33 June 24		**Os 23** June 24				**Os 16** June 18		**Ho 11** June 16	
1959	0~100	47.79	4.78	48.49	4.85			45.35	4.54	43.25	4.33
	100~600	193.79	3.88	197.20	3.94			196.02	3.92	194.47	3.89
	0~600	241.58	4.03	245.69	4.09			241.37	4.02	237.72	3.96
		Os 27 June 27		**Os 18** June 23				**Os 6** June 14			
1960	0~100	62.46	6.25	49.73	4.97			45.61	4.56		
	100~600	220.35	4.42	196.60	3.93			185.76	3.72		
	0~600	282.81	4.71	246.33	4.14			231.37	3.86		
				Os 26 June 28		**Os 48** July 15		**Os 16** June 23		**Os 10** June 20	
1961	0~100			49.33	4.93	49.83	4.98	40.98	4.10	38.31	3.83
	100~600			183.07	3.66	188.04	3.76	191.44	3.83	190.22	3.80
	0~600			232.40	3.87	237.87	3.96	232.42	3.87	228.53	3.81
								Os 15 June 1		**Os 13** May 31	
1962	0~100							40.40	4.04	39.32	3.93
	100~600							193.57	3.87		
	0~600							233.97	3.90		
				Os 11 June 13				**Os 77** July 20			
1963	0~100			53.97	5.40			56.67	5.67		
	100~600			206.09	4.12			194.60	3.89		
	0~600			260.06	4.33			251.27	4.19		

Water system		**Os 41** Bering Sea			**Os 8** Subarctic Current			**Os 11** Western S. Gyre		
1961	0~100	60°14′N	36.74	3.67	48°00′N	36.68	3.67	51°30′N	38.73	3.87
	100~600	174°00′E	173.62	3.47	165°00′E	157.72	3.15	165°00′E	153.38	3.07
	0~600	July 11	210.36	3.51	June 18	194.40	3.24	June 20	192.11	3.20

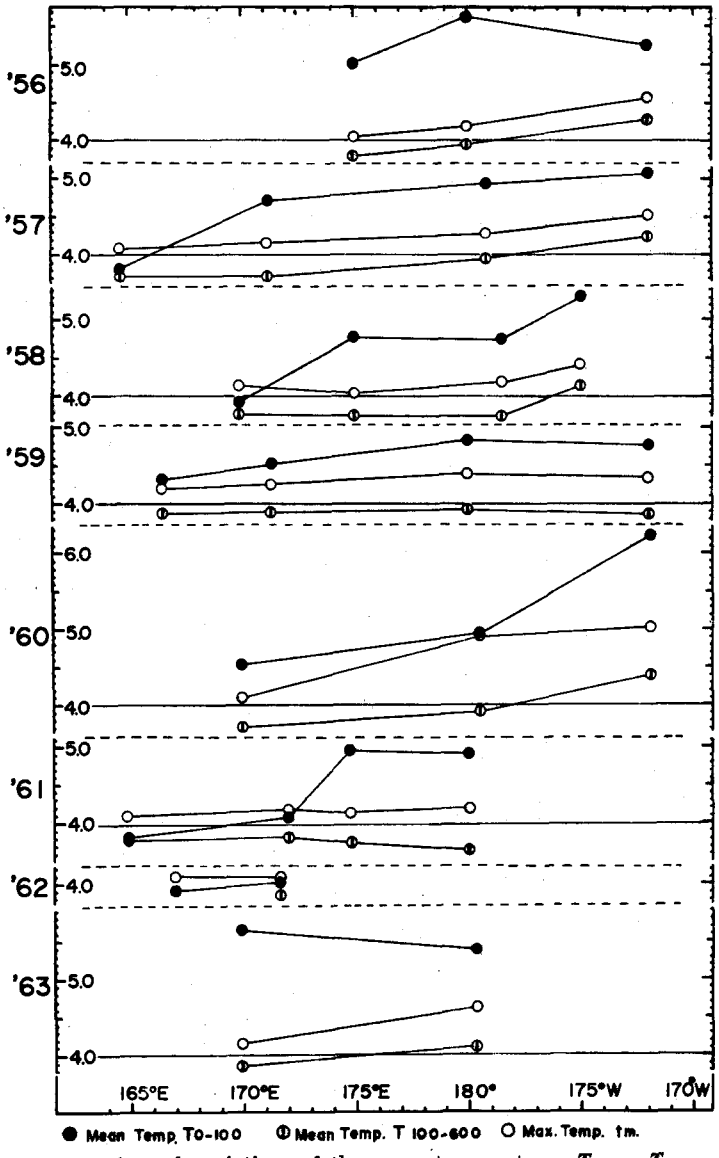

Fig. 16. Annual variations of the mean temperatures $T_{0,100}$, $T_{100,600}$ and the maximum temperature under the dichothermal layer

水温は Alaskan Stream の温暖の度合を示す一つの指標ではあるが，量的表現として，ここで，Alaskan Stream の中心部と思われる地点で単位の底面積をもつ水柱の有する熱量を 0°C を基準として求めた。ある深さ Z_1 m と Z_2 m の間の熱量を Q_{z_1,z_2} とすると，

$$Q_{z_1,z_2}=\rho cs\int_{z_2}^{z_1} t dZ \qquad (1)$$

ここで ρ は密度，c は比熱，s は水柱の底面積 (cm²)，t は水温 (°C) である。簡単のため $\rho cs=1$

とする。同様に深さ Z_1, Z_2 m 間の平均水温を $T_{z_1 \cdot z_2}$ とすると,

$$T_{z_1,z_2}=Q_{z_1 \cdot z_2}/(Z_2-Z_1) \qquad (2)$$

(1), (2) の計算の結果を Table 1 に示した。Alaskan Stream の中冷層は一般に 100m 深に位置しているので, 上層部の温暖さを示すものとして 0-100 m 深の間について求めた。また 600m 以深では Fig. 1 にも示されるように, 4 水系の水塊はその特徴を失いこれらの間に差異は認められない。従って, 中層部の温暖さを示すものとして, 100-600m の間について求めた。比較のために他の 3 水系の点について 1961 年の資料を用いて計算し, 最下段に示した。1959 年の 172°W, 1961 年の 180° の値は下流より小さいが, これは流域中心部をはずれたためと思われる。

各年に共通して, 上層部の値は西側程小さく, 冷却の度合を示している。中層においてもその差は小さいが西側に向って減少している。各測点の観測時期は一定していないが, この表から見ると 1963 年は最も温暖である。1959 年の 180° 以西への流量はもっとも小さいが 172°E, 165°E で中層部の値は最大である。これに対し 180° 以東で大きな値を示している 1957 年, 1963 年は西側で小さい値である。

Fig. 16 に中温層水温と平均水温 $T_{0,100}$, $T_{100.600}$ を示した。この図で示されるように中温層水温値は必ずしも温暖の度合を表わしてはいない。各年共西側で小さい値を示すことは前述のとおりである。$T_{0,100}$ の値は西側で急激に減少しているが, これは Alaskan Stream 自身の冷却の度合を示すものではなく Advection による他水系水の流入を示すものと思われる。各年の資料が不完全であるので多くの結果を示し得ないが, Q または T を指標として北洋全域の熱的状態を示し得るものと思われる。Alaskan Stream の熱輸送については今後の研究にまちたい。

VII 総括および結語

北海道大学水産学部練習船おしょろ丸および北星丸の観測資料にもとづいて, 1957 年から 1963 年の夏期の Alaskan Stream の形状について二三の整理考察を試みた。その結果を要約すると,

1) Alaskan Stream の流域は中冷層水温および中温層水温の水平分布図で等温線の密なる所を境界域として定められる。また水温の垂直分布図によると, 他水系の中冷層の位置する深度で 4.0°C または 3.75°C の等温線が垂直であることからより明確に知り得る。

2) 流域の幅は上記の方法で求められる。すなわち, 4.0°C の等温線間の水平距離に 20-40 n. miles を加えたものである。その大いさは 172°W で 120-160 n. miles, 180° で 140-180 N. miles, 172°E で 80-140 n. miles であった。また流路は年により南北へ移動している。(Fig. 15 上段)

3) 経度線に沿った各断面について, 西方へ流れる 600m 以浅の流量を 800 decibars を基準として求めた。一般に流量は西に向って減少している。その大いさは $2.8\text{-}6.5\times10^6 m^3/sec$ である。(Fig. 15 下段)

4) 1957 年, 1959 年に見られる流路の北偏はその下流西側へ流れる流量を減少せしめたものと思われる。

5) Alaskan Stream の温暖の度合を示すため単位の底面積をもつ水柱の有する熱量とその平均水温を流域の中心部と思われる数点について求めた。上層部の温暖の度合を表わすために 0-100m について求め, 中層部のそれとして 100-600m について求めた。それによると, 1963 年がもっとも温暖であり, 1958 年は比較的寒冷であった。

終りに臨み, 厳しい寒さと波浪の中に長時日を過して観測にあたられた藤井武治おしょろ丸船長, 三島清吉北星丸船長 (当時), 士官ならびに部員各位, ならびに筆者と同乗し観測にあたられた遠洋漁業学教室前田辰昭助手, その他の調査員の方々に深甚なる敬意と謝意を表するものである。また本研

究を行うにあたって終始御指導御鞭撻下さった小藤英登助教授にお礼を申し上げます。

文　献

Dodimead, A. J., Favorite, F. & Hirano, T. (1963). Review of the oceanography of the subarctic pacific ocean. *I.N.P.F.C. BULL.* (12), 1-82; (13), 1-195.

Hirano, T. (1957). The oceanographic study on the subarctic region of the northwestern pacific ocean-I, II. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* (15), 39-55, 57-69.

——— (1958). Ditto, III. *Ibid.* (20), 23-46.

Koto, H. & Fujii, T. (1958). Structure of the waters in the bering sea and the Aleutian region. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **9** (3), 149-170.

小藤英登 (1964). 北洋の海洋物理環境，水産海洋シンポジウム要約，水産海洋研究会.

北大水産学部 (1957). 海洋漁業要報 (1), 153-175.

——— (1958). 同誌 (2), 21-39.

——— (1959). 同誌 (3), 100-111, 191-205.

——— (1960). 同誌 (4), 9-41, 123-135.

——— (1961). 同誌 (5), 64-91.

——— (1962). 同誌 (6), 29-60, 171-52.

——— (1963). 同誌 (7), 47-77.

——— (1964). 同誌 (8), 208-256.