オホーツク海の海水及び冬から初夏における 千島列島間の海流について*

倉品昭二** 西田浩児*** 中林修二****

On the Open Water in the Southeastern Part of the Frozen Okhotsk Sea and the Currents Through the Kurile Islands

Syoji KURASHINA, Koji NISHIDA and Syuji NAKABAYASHI

Abstract: The oceanographic observations in the Okhotsk Sea were made on board the patrol ship "Soya" in the prevailing period of drift ice in 1964, 1965 and 1966. The older data obtained by the Hydrographic Office of Japan from 1935 to 1940 were also examined.

It was ascertained that the Open Water, that is ice-free area always existed in the southern part of the Okhotsk Sea. This open water is maintained ice-free by the inflow of warm water from the Pacific Ocean through the straits between the Kurile Islands.

The movement of water flowing in and out between the islands was investigated and the amount of water transport was estimated.

The results are as follows:

- 1) There exists throughout the year the West Kamchatka Current, (a tentative name), which flows northwards into the Okhotsk Sea between the Kurile Islands. In winter season, this current suppresses drift ice which flows down to south, and makes ice-free open water area. The area of this open water is about $0.2-0.5 \times 10^6 \text{ km}^2$, which is one fifth of the total area of the Okhotsk Sea.
- 2) The main ocean current system in the Okhotsk Sea is composed of the West Kamchatka Current which flows toward north along the west coast of the Kamchatka Peninsula and the East Sakhalin Current which flows toward south off the east coast of the Sakhalin, and several counter currents and vortices between them.
- 3) The water flux of $15.0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$, on the average, flow in and out between the Kurile Islands from winter to spring.
- 4) Through the North Uruppu Sound, which is the largest channel between the Kurile Islands, the large flux flows out toward south in the upper layer and is estimated to be about $5.0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$.

1. まえがき

オホーツク海では冬季その大部分が海水で覆われる。この海水は南極や北極とちがって完全な一冬氷で、年々 11 月頃から結氷し 4~7 月にかけて融解するとうことを繰り返す。この消長にと

もなって流氷が航行・漁業の妨げとなったり、また約 1 兆トンと推定される氷は、融解すると低温・低塩分の海水を作り、オホーツク海はもとより隣接する海区に甚しい海洋学的・気象学的影響を与える¹⁾。

このオホーツク海における最盛期の海水状況を知らるために 1964 年から 3 年間連続して海水・海象観測を行なった。観測船はかつて南極観測を行なった巡視船宗谷で、観測は主として第一管区海上保安本部水路部が行なった。

この観測でオホーツク海の南東域に海水盛期で

* 1966 年 12 月 20 日受理

** 海上保安庁水路部 Hydrographic Division, Maritime Safety Agency

*** 第三管区海上保安本部 The 3rd Regional Maritime Safety Headquarters

**** 第一管区海上保安本部 The 1st Regional Maritime Safety Headquarters

も常に海氷のない暖かい水域の存在することが確認されたが、この Open Sea (又は Open water) の生成する理由が、オホーツク海と太平洋間で堤の役目をしている千島列島間を移動する海水に原因していることと、この海峡・水道をどのような水が流出入しているかを調べてみた。

2. 海氷域と水域部との比較

Fig. 1 に 1964, 1965, 1966 年に観測した氷縁を示した。斜線の部分は実測部で、ほぼ 50°N 以北は水温の分布から推定した氷縁²⁾で、この図で氷縁より北が海氷域でその他の部分が Open Sea に当る。Open Sea の形は千島列島中央部から北千島、カムチャッカ半島沿いの折れ曲った細長い海域で、毎年大小の差はあるがこの原形はほとんど変わらない。更に Fig. 2 に 1935, '36, '38, '39,

'40 の5年間の Open Sea を示し、この面積を求めた。

1935 年	$0.339 \times 10^6 \text{ km}^2$
1936 年	$0.462 \times 10^6 \text{ km}^2$
1938 年	$0.213 \times 10^6 \text{ km}^2$
1939 年	$0.208 \times 10^6 \text{ km}^2$
1940 年	$0.349 \times 10^6 \text{ km}^2$

オホーツク海の総面積は $1.528 \times 10^6 \text{ km}^2$ であるから、上の平均値をさし引けば海氷盛期においてオホーツク海には約 $1.214 \times 10^6 \text{ km}^2$ 約 4/5 に氷が存在し、約 1/5 が氷のない水域として残ることがわかる。

この5年間の Open Sea の面積を比べてみてもわかるように、年によってその面積は2倍以上にも変化する。言い替えればオホーツク海の水量はその年々によって大きな増減があることになる。

Fig. 1. Ice limit and current in February 1964, '65, '66.

Fig. 2. Ice limit and area of open water at heavy drift ice season in Okhotsk Sea.

3. Open Sea の生因について

気温の低下とともに海水の生成・増加は北から次第に南に進んで行く。このことは理論的に説明⁴⁾されており結氷初期では沿岸から沖へ、北から南への伸長が比較的正しく行なわれる。しかし、最盛期において、流水はオホーツク海の西半分を埋めつくすのに、緯度的に北にあたる上記の海域にだけ流水が見られない。

この原因が太平洋側から千島列島の島々の間の水道を経てオホーツク海に流入する比較的温暖い海流によるものであることは推定されていた。いまこの点につき、本観測結果⁵⁾および海水観測資料⁶⁾を整理して検討してみた。

Fig. 3 に 1938 年 2 月における Open Sea 内の表面水温分布を示した。これによると、北千島のオネコタン海峡、マツワ島付近水道、北ウルップ水道よりそれぞれ 2°C 内外の水温の張り出し

Fig. 3. Ice limit and surface temperature in the South-western Region of Okhotsk Sea in Feb. 1938.

が見られ、特にオネコタン海峡からの暖水域の分布はカムチャツカ半島西側を舌状に北上し、流水域に深く侵入している。この先端と氷縁との接点部ではこの水塊のもつエネルギーが大きいので温度勾配が急であるが、中央部では氷縁にそって -1.5°C -1.0°C とゆるやかな勾配を示している。また、この北に向う流の強勢の時は 56°N 付近まで Open Sea を形作るがこのことは冬季といえども北千島から流入する海流が存在することを示している。

(ソビエットではこの定常的な流を南オホーツク海流(南から北に向う流の意)と呼んでいるが、今ここでは日本式に西カムチャツカ海流と仮称しておく。)

この流も左回りの反転流を生じているが、この現象は中部千島から流入する海流にも見られる。

Fig. 1 に 1964, '65, '66 年の海流を示したが、冬季中部千島以南では南下流の占める割合が多い。ただこの流は、先に述べた通り太平洋側から流入し反転したものが主勢力であるために比較的水温は高く、南下する流水をおさえて一定の幅の水域を列島沿いに保っている。この暖水の流入と流水南下のバランスが毎年の氷縁となって現われるわけであるが時としてこのバランスがくずれて流水が中部千島まで来ることもあるがその例は非常に少ない。

Fig. 4 はソビエットの Regional Oceanography の Okhotsk の部から得た表層の海流図⁷⁾である。

これによると北千島より流入する海流は、オホーツク海北部奥まで北上し反時計回りに反転してから樺太東岸沿いに南下、南千島より太平洋に流出するという大きな循環をなし、これを根幹として多くの旋回流を形成している。大ざっぱに言って、オホーツク海の東半分は北太平洋からの流入海流が主勢力で、西半分は冬季の強い季節風を誘因とした南下流がその主力である。

更に A. K. REONOV は千島列島間の流れについて深層では概して太平洋水の流入が卓越し、部分的にいてムシル海峡北ウルップ

Fig. 4. Circulation of water mass in the Okhotsk Sea at the surface. (by A. K. REONOV)

海峡では 1,000 m までは主として流入し, 1,500 m 以深では流入・流出ともに行なわれていると述べている。

これらの海流状況から判断して冬季この海区に残存する Open Sea は, 西カムチャツカ海流とそれらの分枝によって生成保存されていることは確かである。

4. 千島列島からの流出入

次に各海峡の流れについて考えてみたい。北海道からカムチャツカ半島に至る千島列島の島々の間には約 14 の海峡水道があるが, この断面図を作り面積を求めてみると $10,458 \times 10^4 \text{ m}^2$ の北ウラル水道を最大にムシル海峡の $3,375 \times 10^4 \text{ m}^2$ がこれに次ぎ, 北千島のハルムコタン海峡の $126 \times 10^4 \text{ m}^2$ が最小である。

このいろいろの断面積をもつ各海峡を通じての水の移動は, 浅い海では単純であるが 2,500 m 以上の水深をもつ北ウラル水道などでは各層の流向・流速が不規則で, 全層に

わたって流を決定づける資料は現在ない。

今この大勢を知るために, 各海峡を直角に切る南北の水温鉛直断面図と流向流速を求めた。この全部を図示することは出来ないので代表的な例として次の 3 例を Fig. 5 の 1, 2, 3 に示した。

1) エトロフ海峡

図上の O はオホーツク海側・P は太平洋側の測点を示し, 矢印は流向を表わしているが図の上が北, 下が南, すなわち下向きの矢印は南流を意味し, O より P に流れていることになる。これらの値は 800 m を基準とした二機験流によって得られたものである。

オホーツク海側の 1.0°C 以下の冷水が 100~200 m を中心に約 0.5 kt で太平洋に流出しているが, 400 m で流向も東向きとなり流速も微弱となる。これより以深では太平洋側の 2.5°C 以上の水が P 側から O 側に流入のかたちを示している。

2) 北ウラル水道

オホーツク海奥部を残して海水のほとんどが融解し, 太平洋側への流出が活発となる 6 月の頃に見られる分布で, 表面には北千島方面より流入左旋した 4.0°C 内外の暖かい水温をもつ流が再び太平洋に流出している。50 m 以深約 400 m まで

Fig. 5-1. 2. 3. Vertical distribution of temperature ($^\circ\text{C}$), and current (kt). (Direction shows horizontal current at the level)

はオホーツク中冷水が下層になるにつれて流速を強めながら南下流出し、約 600 m 以深では太平洋の 3.0°C 以上の水塊が逆にオホーツク海に入っている。

この水道の 50 m 付近の流は季節により変化が甚しく、8 月の頃には北流することが多いが、300 m を中心とした南下流とこれ以深の北流は流勢や深度に多少の差は生じては根本的に変ることはないと思われる。

3) ムシル海峡

50 m 以上の表層に 1.0 kt 前後の北流が見られ、100~200 m 層には逆に南下流がある。表層の北流は水温もやや高いが南下流は 0.5°C 内外の低い水温を示し、500 m 層付近は流の判然としない部分で、これより深層はむしろ北流がまさっているようである。

この外に千島列島北側に平行に引いた観測線の水温・塩分の断面分布を Fig. 6 に示した。

Fig. 6. Vertical distribution of temperature ($^{\circ}\text{C}$) at the section along Kurile Island. (May, 1936)

千島列島中部より北海道よりでは、200 m 層付近に中心をもつ約 -1.0°C の低温かつ低塩分の水塊がその大勢をしめ、カムチャツカよりでは比較的暖い 1.5°C の水が 500 m まで達している。前者は大別してオホーツク海より流出する水塊

で、後者は太平洋より流入する水塊であることは言うまでもない。

これらの例の外各海峡の水温・塩分・海流を⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾検討して、冬から初夏にかけての流れの大勢を知ることが出来た。

5. 海峡・水道の流量

各水道の流は、前述の通り場所により層により一定ではないが、800 m 基準の二機験流の値、ダイナミックメーター、GEK 値を併用し、流速の資料のない海峡や深層は水温の鉛直分布などから流速を推定して流量を計算した。

海 峡 名	流 向	流量 $\times 10^4$ m^3/sec
根 室 海 峡	南下流	34
ク ナ シ リ 水 道	南下流	108
エ ト ロ フ 水 道	南下流	415
南 ウ ル ッ プ 水 道	南下流	59
北 ウ ル ッ プ 水 道 上 層	南下流	477
" 下 層	北上流	(428)
シ ム シ ル 海 峡	南下流	83
ケ ト イ 海 峡	南下流	160
ス リ デ 海 峡		
ラ シ ョ ワ 海 峡	北上流	(230)
ム シ ル 海 峡 上 層	北上流	360
" 中 層	南下流	250
シャスコタン海峡	南下流	52
ハルムコタン海峡	南下流	32
オネコタン海峡	北上流	(304)
計	南下流	1670
	北上流	1322

この表の流向の欄で南下流はオホーツク海から太平洋への流出、北上流はその反対の流入を示し、流量の数値に () を付してあるものは、資料が不十分で水路誌などから得た値をもととして推定した数値である。

この結果からみると、千島列島間におけるオホーツク海からの流出総量は $16.7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、太平洋からの流入 $13.2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$ で、オホーツク海から太平洋に流出する量が多くなっている。

大体オホーツク海は宗谷海峡からも流入量の方

が多く (差引流入量 $17,520 \text{ km}^3/\text{year}$), 加えてアムール河が多量の河水を注入しているの、降水・蒸発の収支を考慮しても、千島列島間からの流出が、流入量より多いことは当然うなづける。

また、この計算でいくと年間 $1.1 \times 10^5 \text{ km}^3/\text{year}$ の流出超過を生ずるが、これは北ウラル水道の上層域を南流としてあるため、先に述べた通り夏季はこの層が北流する傾向が強いのでこれを修正すれば、全体の流出入収支は比較的均衡となる。

オホーツク海に面した紋別、網走などの平均潮位の年変化を調べると、必ず 2~5 月頃に最も低くなり、8, 9 月に上昇し、10, 11 月に再び低くなり、12 月から 1 月に高くなる。

このように平均水面の年変化に大きな二つの山をもつのは、北海道沿岸の一部に限られており、この特有の変化が、宗谷海峡を経て流入する対馬暖流分枝の消長・海水の集積・融解による流出と直接的な関係があると考えられる。

6. むすび

1) 北千島の島々の間より、オホーツク海に流入し北上する西カムチャツカ海流 (仮称) は年間を通じて存在し、特に冬季は南下する流水をおさえて、オホーツク海南東海域および千島列島沿いの内側に、海水のない Open Sea を形成する。この Open Sea の面積は約 $0.21 \sim 0.46 \times 10^6 \text{ km}^2$ である。

2) オホーツク海の海流は、東半分を北上する西カムチャツカ海流と、西半分を南下する東樺太海流が主軸で、この大きな循環に反流や旋回流・支流が加わって形成されている。

3) 冬から初夏にかけての、島しょ間の大よその流量は、オホーツク海からの流出 $16.7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、太平洋からの流入 $13.2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$ でこの時季では流出量が大いだが、平均値ではバランスしていると思われる。

4) この列島最大の断面積をもつ北ウラル水

道では、この時季には南下流出する流れが上層を占め、その流量は $4.8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$ で、この量は秦氏¹³⁾ が計算した $4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$ とほぼ一致する。

以上の調査にあたり、厳寒のオホーツク海で流水観測に従事された「宗谷」乗組員各位の努力に敬意を表する。

また、この調査の一部は北海道大学紋別流水研究施設において、田畑教授以下研究員の御指導と御協力を得た外、庄司海象課長、二谷専門官の指導を受けたことを深く感謝する。なお、計算には藤原信夫、友定彰、製図には宮田光之助各位の協力を得た。

文 献

- 1) 倉品昭二 (1963): オホーツク海の海水と三陸沖の海況ならびに冷害との関係について。雪氷, 25 (6), 1-5.
- 2) 函館海洋気象台旬報: 1964, 1965, 1966.
- 3) 倉品昭二 (1954): オホーツク海の海水。水路要報, 40 号, 1-12.
- 4) 福富孝治 (1952): オホーツク海中央域における結氷の生成についての理論的考察。低温科学, 第3輯, 143-157.
- 5) 海洋概報: 第一管区海上保安本部水路部, 39 年-3 号, 40 年-6 号, 41 年-2 号.
- 6) 倉品昭二 (1961): オホーツク海方面 海水観測資料.
- 7) A. K. REONOV (1960): Regional Oceanography, Okhotsk. 226-229.
- 8) UDA, M. (1955): The fluctuation of Oyashio Current in relation to the atmospheric circulation and to the distribution of the dichothermal waters in the North Pacific Ocean. Rec. Oceanogr. Works Japan, 2(2), 43-55.
- 9) 田畑忠司 (1953): 千島列島南沖およびオホーツク海南部の海況について。低温科学, 第9輯, 159-170.
- 10) 杉浦次郎 (1959): 駒橋による 1934~1939 の北洋の海況。函館海洋気象台要報, No. 6, 81-86.
- 11) 平野敏行 (1958): 北洋の海洋学的研究 IV, 東海区水産研究所報告, No. 20, 23-45.
- 12) 渡辺貴太郎 (1964): 北海道周辺の海況および気象の特色。沿岸海洋研究ノート, 3(2), 23-30.
- 13) 秦 克己 (1965): 親潮流域における輸送水量の変動について。日本海洋学会誌, 21(5), 193-201.