



Title	噴火湾の海況変動の研究：Ⅳ．津軽暖流水の流入・滞留期の海況
Author(s)	大谷, 清隆; OHTANI, Kiyotaka; 秋葉, 芳雄 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 22(3), 221-230
Issue Date	1971-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23454
Type	departmental bulletin paper
File Information	22(3)_P221-230.pdf



噴火湾の海況変動の研究

IV. 津軽暖流水の流入・滞留期の海況*

大谷清隆**・秋葉芳雄**

伊藤悦郎**・小野田勝**

Studies on the Change of the Hydrographic Conditions in the Funka Bay

IV. Oceanographic conditions of the Funka Bay occupied by the Tsugaru Warm Waters

Kiyotaka OHTANI, Yoshio AKIBA, Eturo ITO and
Masaru ONODA

Abstract

The Tsugaru Warm Waters enter the Funka Bay along the northeastern coast through the mid and lower layers from August to October. It takes about two months for the less saline waters, staying in the bay during summer, to be replaced by the Tsugaru Warm Waters. In this period, the salinity of the whole bay rapidly increases and the temperature below the mid layer shows its maximum value of the year, due to the inflow of the Tsugaru Warm Waters having a warm saline characteristic. The depth of the flowing path, or the period of the inflow, however, varies considerably from year to year.

The inflow of the Tsugaru Warm Waters began in September through the mid and lower layers in 1968, and its amount reached 64% of the volume of the bay in November. Whereas, in 1969, it began in August through the mid layer, and its amount reached 93% of the volume of the bay for the same period. Most of the denser bottom waters in the deep region were not replaced by these warm waters in 1969, therefore the temperature at the bottom in the deep region was maintained lower than that in 1968.

The warm and saline waters stay in the bay during winter, and they are transformed into the cold and saline (=dense) waters by atmospheric influences, and the vertical structure becomes homogeneous for this period.

1 ま え が き

噴火湾には、一年に一度づつ親潮系水と津軽暖流水とが交替して流入している。その周年変化の Pattern については第 I 報¹⁾に述べた。第 II 報²⁾には噴火湾に流入するこれらの外洋水の特性と、流入した後湾内で受ける変質について述べ、第 III 報³⁾に親潮系水の流入経路や、流入時と滞留時の湾内の特徴ある海況について述べ、春から夏にかけての湾内の海況が、親潮系水と湾内水との交替量の多少に対応して変動することを報告した。

本著では、第 III 報に続いて、津軽暖流水が湾内に流入・滞留する秋から冬にかけての噴火湾の海況について述べる。

* 日本水産学会北海道支部大会 (昭和 45 年 12 月 5 日) で講演発表

** 北海道大学水産学部海洋学気象学講座

(Laboratory of Oceanography and Meteorology, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

本著の一部は伊藤・小野田が昭和 44 年度卒業研究として行なったものである

報告にあたって、本調査に協力いただいた函館水産試験場、砂原漁業協同組合および所属漁船の各位、調査に同行し観測に協力された内田民雄、岡崎喜久男、大槻知寛、吉田賢二、吉田正雄の各氏、ならびに本著を校閲され種々御助言いただいた竹内能忠教授にお礼を申し上げます。

2 資 料

湾内の海洋観測資料は前報にも述べたように、栽培漁業開発調査資料⁴⁾に報告した観測結果と、これ以前に得られている観測結果⁶⁾⁷⁾⁸⁾を用いた。湾外については函館水産試験場と青森水産試験場とが行なった海洋観測結果を用いている。

3 結 果

a) 津軽暖流水の流入経路

津軽海峡から太平洋に流出する津軽暖流水は、5月または6月ころからその分布範囲を北に広げ、夏期には日高沿岸に接するようになる。津軽暖流水の分布範囲が春から秋にかけて北方に広がる様子を、1968年の場合について、特性の指標²⁾として50m深での33.8‰の等塩分線を用いて示すとFig. 1. のようにあらわされる。津軽暖流水の広がる様子は、第III報³⁾に示した親潮沿岸水の後退の様子と表裏をなしている。6月に恵山岬より南に限られ、東方にも広がっていなかった津軽暖流水は、7月には分布範囲を急速に広げ、日高沿岸の陸棚縁に達し、東方にも広がって襟裳岬沖に達する。8月に、北方の分布範囲が狭く示されているが、この時期には津軽暖流水自体の塩分が低下する⁹⁾ためと思われる。しかし、東方への広がりには変わっていない。9月以降は日高沖合は全く津軽暖流水によって占められ、この状態は冬まで持続され、噴火湾を含めて尻屋崎と襟裳岬を結ぶ線以北の海域を広くおおう。津軽暖流水の東方への分布範囲は襟裳岬沖合までで、襟裳岬沖合に親潮系水との間の顕著な潮境が形成される。分布範囲の伸展する時期には年変動があるが、このようなPatternは毎年くり返されている。

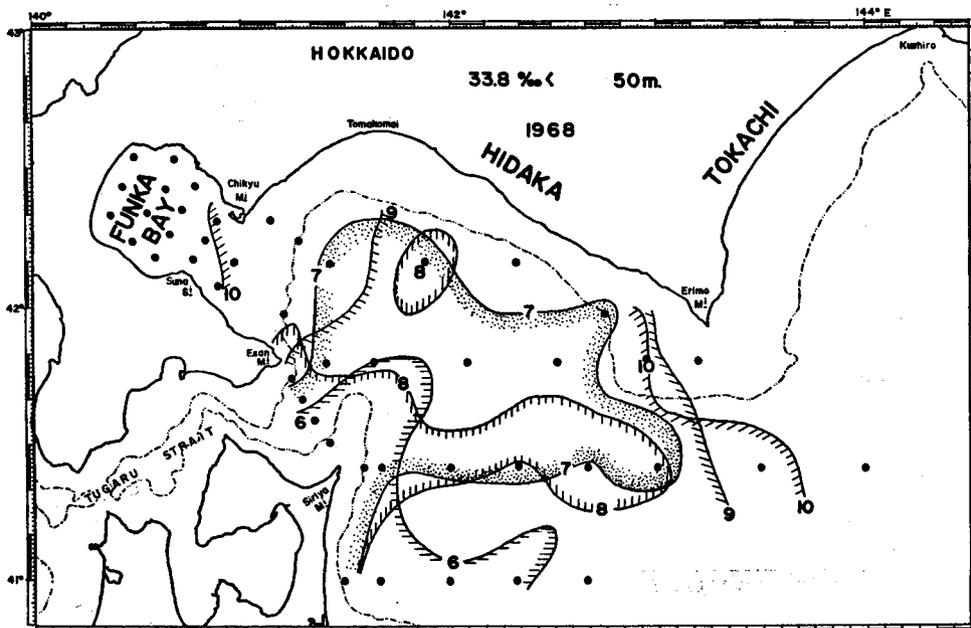


Fig. 1. Development of the Tsugaru Warm Waters. Numerals indicate the month.

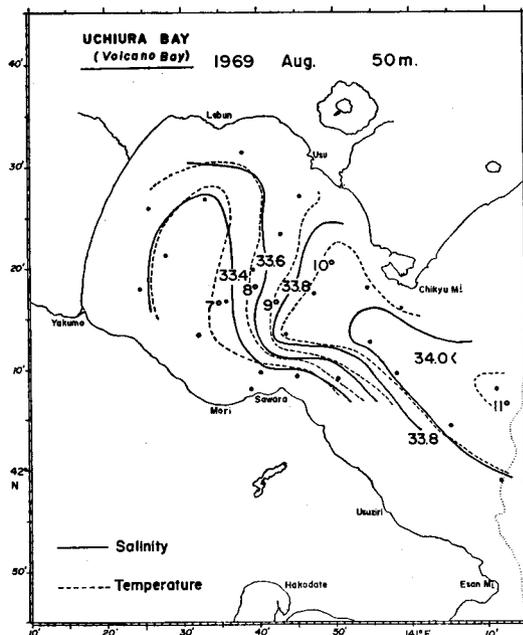


Fig. 2. Horizontal distribution of temperature and salinity at a depth of 50 meters, August 19 and 20, 1969

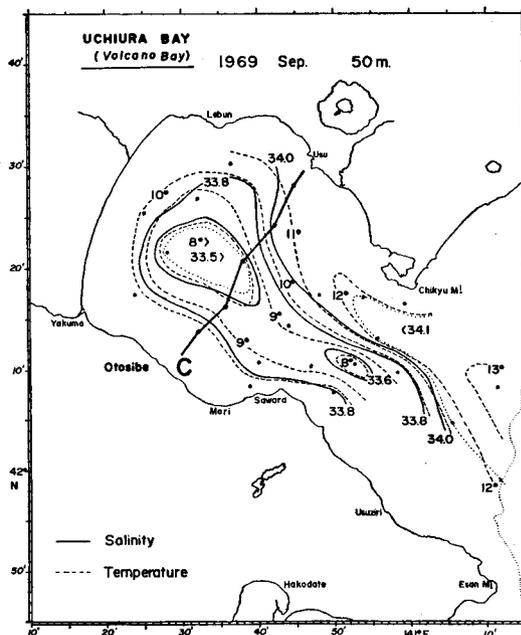


Fig. 3. Horizontal distribution of temperature and salinity at a depth of 50 meters, September 20 and 21, 1969

噴火湾の湾口付近に、津軽暖流水が接近して来るのは6月または7月ころであるが、湾内に流入しはじめるのは8月または9月ころからである。流入初期の海況を、1969年の場合について、50 m 深の平面分布によって示すと Figs. 2, 3 のようである。津軽暖流水も親潮系水の流入時と同よう、湾口の北東側から流入して来る。それにつれて、湾内に滞留していた水は湾口南側を通過して流出し、渡島半島沿いに南東に流れる。湾内に入った津軽暖流水は湾の周辺部沿いに、反時計回りに分布範囲を広げ、Fig. 3 に示されるように、約1と月後には湾の周辺海域の中層は津軽暖流水によって占められる。しかし、湾中央部には春以来滞留していた水が、湾水の交替は完了していない。Fig. 3 の断面 C を Fig. 4 に示したが、図からわかるように、この交替期に、表層には塩分 33.0 ‰ 以下の水がまだ残っていて、湾内に流入した塩分 33.8 ‰ 以上の津軽暖流水との間に顕著な塩分躍層を形成している。この塩分躍層に対応して、水温躍層、密度躍層が同ように見られるが、躍層が浅い表層水は湾中央部に厚く、周辺部で薄くなっていて、表層水は夏期同よう時計回りに環流していると考えられる。これに対して、躍層の下では、中央部に低温で低塩分な水があり、 σ_t の分布も表層とは逆に中央部で浅く、周辺部で深くなっていて、この深度の水は表層とは逆に反時計回りに環流していると思われる。したがって、津軽暖流水の流入時には、夏期の親潮系水の滞留時とは反対に、この深度では湾の周辺部は高温になって、中央部は下層水の湧昇によって低温となる。周辺部と中央部の水温差は 50 m 深で 3°~4°C 程度で、9 月でも湾中央部の水温は 8°C 以下と低温に保たれている。

津軽暖流水が湾内に流入して、その分布範囲を広げていく様子を、50 m 深の平面と、湾中央部をほぼ南北に横切る断面での月ごとの塩分分布から、33.8 ‰ の等塩分線を指標としてまとめて示すと、平面的広がりには Fig. 5 のように、鉛直的広がりには Fig. 6 のようになる。1969 年の場合、津軽暖流水

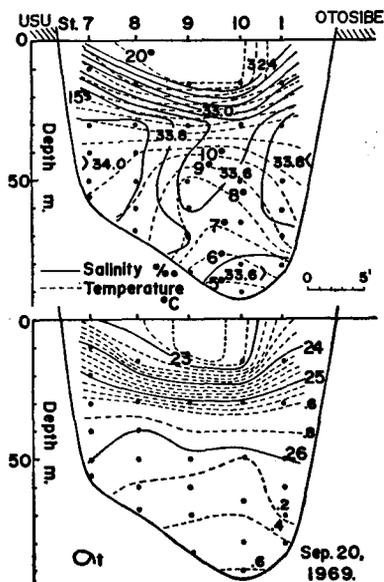


Fig. 4.

Fig. 4. Vertical distribution of temperature, salinity and σ_t along the section C shown in Fig. 3.

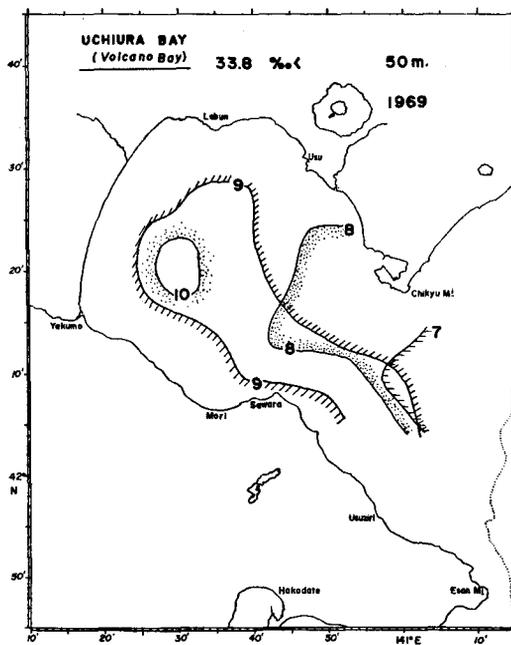


Fig. 5.

Fig. 5. Monthly extent of the Tsugaru Warm Waters on the surface of a 50-meter depth in the bay. Numerals indicate the month.

が湾口に達したのは7月であるが、湾内に流入し始めたのは8月からである。その後津軽暖流水は周辺部から分布範囲をひろげ、10月には湾中央部の小範囲を除いて湾全面に広がる。11月にはこの深度で浅の水は全く津軽暖流水によって占められる。

鉛直的な分布範囲の変化は Fig. 6 上段に 1968 年について、下段に 1969 年についてそれぞれ示した。Fig. 5 からわかるように、津軽暖流水が湾内に流入し始めてから、この断面に達するには、約 1 カ月を要している。1968 年の場合、この断面に津軽暖流水が認められたのは 10 月で、断面北側の 50 m 深前後の小範囲に示されている。1969 年の場合、1968 年より 1 カ月以上早く、9 月には水深 30 ~ 70 m の中層の湾の周辺部は津軽暖流水によって占められていて、10 月には前述のように 50 m 深前後の中層全体に広がっている。11 月には春以来滞留していた親潮系水との交替は完了し、湾内は津軽暖流水の特性を示す。1968 年の場合、湾北側の陸水の影響のある表層を除いて、湾全体が 33.8 ‰ 以上になっているのに対して、1969 年では深部の 70 ~ 80 m 以深の海底近くは 33.8 ‰ 以下に保たれていて、津軽暖流水の流入によっても底層水が更新されないことを示している。両年のこの差異は、春の親潮系水と冬期噴火湾固有水 (Fw)²⁾ との交替量の多少に対応して、秋の津軽暖流水の流入期まで滞留している底層水の密度がことなるため、親潮系水の交替量の少ない 1969 年の場合、底層水の密度が高く、津軽暖流水は底層水の上に入流し、移流による更新が生じない結果と考えられる。この底層水も、冷却期の鉛直混合によって更新されるので、2 月には底層も 33.8 ‰ 以上になる。1969 年 2 月では湾全体が 33.8 ‰ 以上になっているが、1970 年 2 月では湾の北側はすでに流入し始めた親潮系水との混合水によって低塩分になっていて、33.8 ‰ 以上の冬期噴火湾固有水は湾の南側と、50 m 以深にみられる。1969 年 4 月でも同様にこの密度の高い水は底層に認められる。しかし、次の親潮系水の流入にしたがってこの水の大部分は湾外に流出し、湾内は親潮系水の特性を持つようになる。

以上のように、津軽暖流水もまた湾の北東側から流入し、湾の周辺部を反時計回りに分布範囲をひ

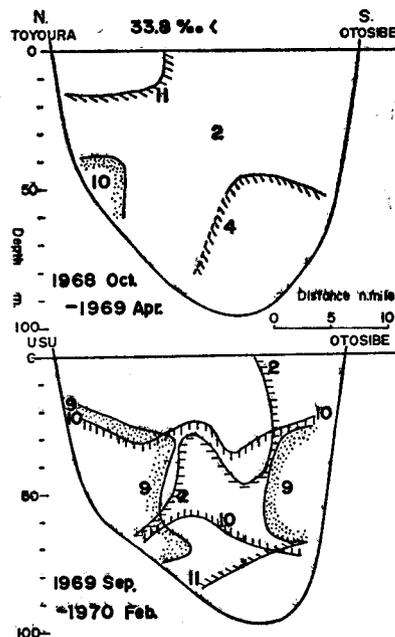


Fig. 6. Vertical extent of the Tsugaru Warm Waters in the section across the central part of the bay. Numerals indicate the month.

ろげて行くが、親潮系水とは異なって、その流入深度は50m前後またはそれ以深であるので、湾内に夏以来滞留していた低塩分な湾水は表層から湾外に流出する。冷却期に湾内に滞留している津軽暖流水は大きな鉛直混合の結果、底層水をも更新し、均質なかつ高密度な（塩分 = 33.8‰, $\sigma_t = 26.8 \sim 27.0$ ）冬期噴火湾固有水に変質される。

b) 湾水と津軽暖流水の交替量の推算

前述のように、津軽暖流水の流入時期、流入深度等には年変化が見られる。ここで津軽暖流水の流入量を前報³⁾に述べたのと同様、各深度での33.8‰以上の水の平面分布の面積をPlanimeterによって求め、深さについて積算して求めると、Fig. 7 のようになる。1969年の場合、8月で30~50m深を中心として流入して湾の容積の約1割、9月では50m深を中心として湾の容積の1/4、10月では半分に達している。1968年11月の場合湾の容積の約6割に達しているが、1969年より流入深度が深く、60m以深では100%津軽暖流水として認められるが、30m以浅では、これ以浅の容積の半分に過ぎない。1969年の場合、70~80m以深を除く9割以上が津軽暖流水と認められ、流入開始時期の早晚に対応している。

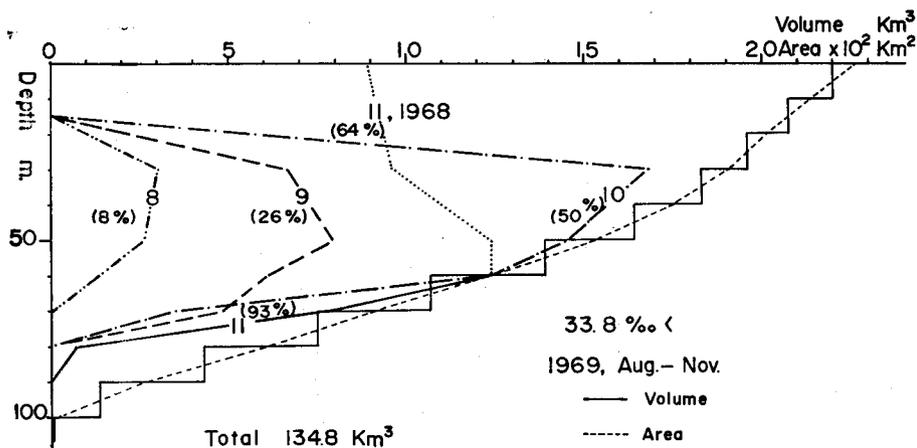


Fig. 7. Volume of water replaced by the Tsugaru Warm Waters. Numerals indicate the month and percentage comparing with the volume of the bay.

このように津軽暖流水の流入時期の差異や、流入深度の違いによって、湾内の中層以深では年により海況は変動している。一例として1968年と1969年の11月の海底面における水温と塩分の分布を、Fig. 8 と Fig. 9 にそれぞれ示した。両年とも中旬の観測であるが、1968年では最深部と湾周辺部との水温差は6°Cで、水温分布はほぼ等深線に沿っていて、8°C以下の範囲はせまい。塩分も八雲沖を除いて33.8‰以上になっている。このように1968年の場合には流入した津軽暖流水と底層水との混合は比較的に大きく行なわれて、底層水も津軽暖流水に近い特性を示している。これに対して1969年では湾中央部と周辺部との水温差は同様に5°C程度を示しているが、8°Cと11°Cとの等温線の間は密で8°C以下の範囲は広く、33.8‰の等塩分線と8°Cの等温線はほとんど一致して描かれ、湾中央部の底層水は流入して来た津軽暖流水と比較的混合されずに滞留していることを示している。

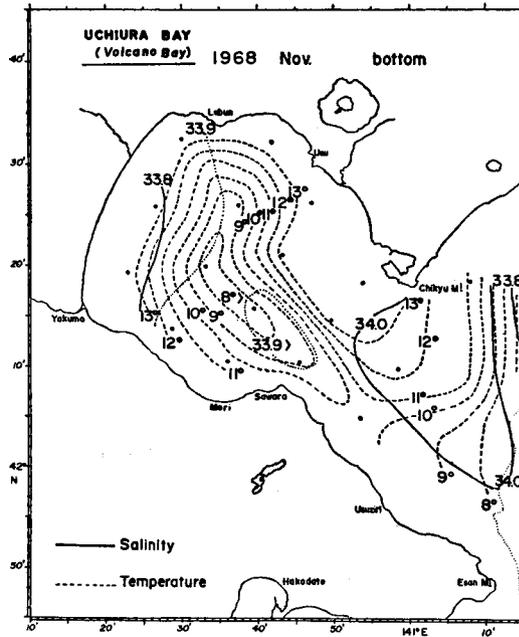


Fig. 8. Distribution of temperature and salinity at the bottom, November 14-18, 1968

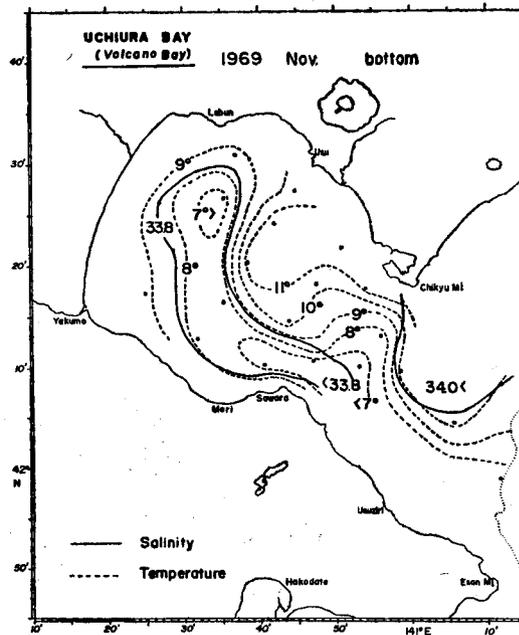


Fig. 9. Distribution [of] temperature and salinity at the bottom, November 15-18, 1969

4 考 察

第 I 報から本著の第 IV 報まで、1968 年 6 月から 1970 年 2 月までの間に得た 16 時期の観測結果に基づいて、主として噴火湾の海況特性について報告した。噴火湾の海況変化は複雑で、水温変化を例としても湖沼で観測されるように、夏に極大、冬に極小というような単純な変化をしているのではない。

1969 年に、砂原沖約 3 海里の定点で観測した水温と塩分の経時変化を Fig. 10 に示した。同じく、Fig. 11 には定点の各深度間の平均値の経時変化を示した。全層の平均値はこの場合、単位面積あたりの水柱についての積算値を代表している。冷却期を経た湾水は塩分 33.8 ‰、水温 3°~4°C と鉛直に均質な分布をしている。加熱期に入って、表面水温は上昇するが、この時期に親潮系水が湾内に流入し始めるので、上層の水温はこれとは逆に低下する。この現象は湾の北東側では顕著にあらわれるが、南東側にあるこの定点では顕著でない。しかし、Fig. 11 の 1968 年 6 月の 70~80 m 深の平均水温が 1969 年 4 月の値より低いことや、1969 年の場合でも表層の平均水温の上昇に比し、中層以深の平均水温の上昇が小さいことなどは親潮系水の流入による影響を明らかに示している。夏期に入って、表層の水温は急激に上昇するが、中層以深の水温上昇はゆるやかで、30 m 深での水温が 10°C 以上になるのは 8 月中旬を過ぎてからである。ただし、湾の周辺部に位置するこの定点は時計回りの環流に伴う湧昇域に入るので、中層水は比較的浅くまで上昇していて水温の上昇は遅くなっている。湾中央部ではこれとは逆に沈降が見られるので、このような過程は 50 m 深前後で見られる。底層での水温変化はきわめてゆるやかで、5 月から 9 月末までの間の水温上昇は 2°C にすぎない。中層以深の水温が急激に上昇するのは、表層に 33.0 ‰ 以下の低塩分水がなくなる時期、すなわち、親潮系水起源の湾水が湾外に流出し、津軽暖流水が中層以深を占める時期である。この時期はすでに冷却期に入っているため表層の平均水温値は急激に低下しているが、中層以深では上昇していて、全層の平均水温は極大となっている。つまり、単位面積あたりの水柱に含まれる熱量を考えた場合、津軽暖流水の流入している 10~11 月に最高となっている。

温帯地方では周年の気象変化を、似かよった気象状態の連続する期間を意味する、春夏秋冬の季節

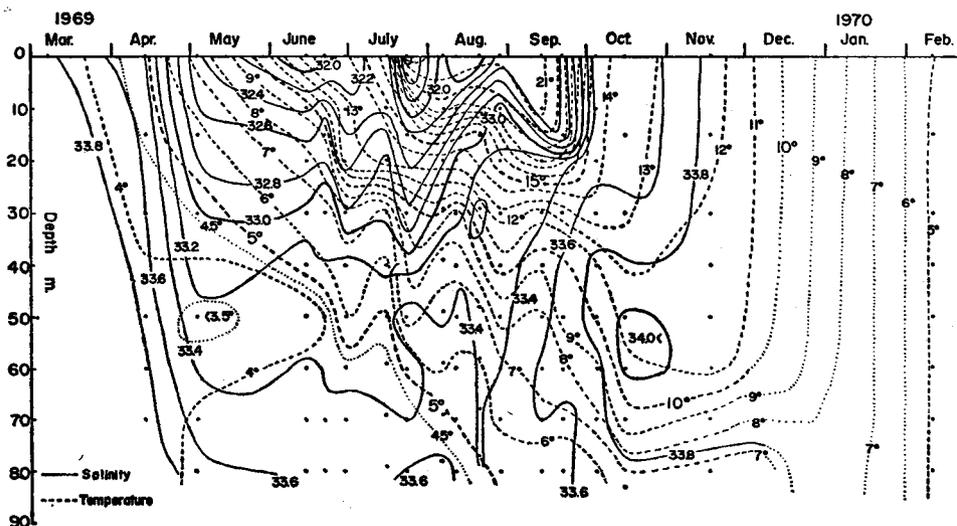


Fig. 10. Distribution of temperature and salinity in a time-depth section at the station north of Sawara during the study period

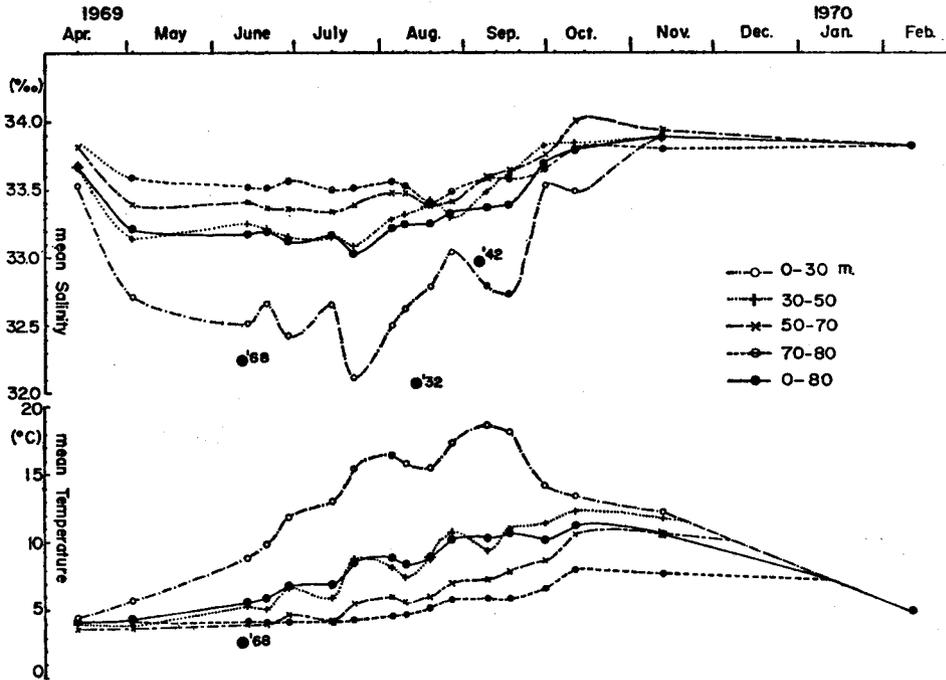


Fig. 11. Mean temperature and mean salinity between selected depths at the station north of Sawara from April 1969 through February 1970

にわけている。歴の上では春分、夏至、秋分、冬至の間を四季としているが、気象学では3月4月5月を春、以下3か月ごとに夏秋冬としている¹⁰⁾。また気団気候学では日本の気象変化を気団の出現率からとらえている。一般的に四季を気団の動きにあわせて特徴づけると、極前線が北上してしまい、小笠原気団が日本上空をおく時期が夏で、反対に極前線が南下してしまい、寒帯大陸性気団が日本上空をおく時期が冬といえよう。またこれらの間の極前線が日本南海上に停滞している時期がそれぞれ春、秋ともいえよう。四季ごとの気温、湿度等の特徴はこれらの気団の特性によってもたらされるもので、気団の出現時期や出現率の変化が、長い夏や、暖い冬等としてあらわれる。

噴火湾の表層の水温はほぼ気温変化に対応して変化している。しかし中層以深では、気象学上の四季に特徴づけられる気温変化とは異なり、周年の最低水温は加熱期に入ってから記録され、最高水温は冷却期に入ってから記録されている。この変化は前述の気団と季節に対比させてみると、冷水塊である親潮系水が湾内に流入する時期に、中層以深の水温は最低となり、津軽暖流水が流入する時期に最高となっていて、水温の高い時期を海の中での夏、低い時期を海の中での冬といえよう。一般に、海中の変化を気候上の四季感から観念的に推定しがちであるが、噴火湾のように水温変化などが、単に海面からの加熱や冷却によってもたらされるだけでない場合、水産海洋学的な意味での環境をはあくするためにも、水塊の交替に伴う水温、その他の特性変化を意味する概念が必要である。仮にこの概念をあらわす言葉として気象に対比して海洋季節と呼ぶならば、1969年の場合、噴火湾の冬は4月～6月で、7月8月が春、9月～11月が夏、12月～2月が秋といえる。このように海の中の諸特性の変化は歴の上の季節や、気象学上の季節とは一致せず、気団気候学的に、水塊の出現率や出現時期の変化としてとらえられなければならない。

海洋季節でいえば、親潮系水の流入量の多かった1932年、1942年、1968年等は寒い冬で、流入

量の少い1949年、1969年は暖い冬といえよう。また1950年と1970年の冬は早く、1969年の夏も早かったといえる。このような海洋季節の年変動は単に水温変化ばかりでなく、栄養塩、酸素等、生物の生産に直接影響を与える要素の変化をも意味しているので、噴火湾で試みられている栽培漁業にとっては特に重要であろう。

冬季間の観測資料は気象条件その他により充分には得られていないが、11月でも7°C以下を示している深部の底層水が混合によって更新されるのは翌年1月以降と推定される。現在まで得られている冬期の表面水温や、夏期の底層水温から見て、冬期の冷却によって湾水の水温が低下しても、3°C台に止まると考えられ、この海域における海面での熱交換に一つの目安を与えている。

5 要 約

1) 噴火湾に津軽暖流水が流入する場合、親潮系水と同様、湾の北東側を通過して湾周辺部を反時計回りに広がっていく。その流入深度は中層以深の30~50m、または50m~海底である。年による流入深度のちがいは、春の親潮系水と湾水との交替量に影響される。

2) 津軽暖流水が流入を始めてから、それまで滞留していた低塩分な湾水が湾外に流出してしまうまでには約2カ月を要する。このとき、33.8%以上の津軽暖流水の流入量は湾の容積の半分を越えている。

3) 噴火湾の海況は中層以深で特に、流入した湾外水の特性によって影響されるので、流入する水塊の流入量や流入開始の時期等の変動は重要である。水塊の交替によってあらわれる海況の特性を示す概念として「海洋季節」という言葉を提案した。噴火湾の場合、海洋季節の冬は親潮系水の流入期にあたり、水温は周年の最低を記録する。同様に夏は津軽暖流水の流入期にあたり、中層以深の水温は交替の完了する時点で周年の最高を示す。

文 献

- 1) 大谷清隆・秋葉芳雄(1970). 噴火湾の海況変動の研究. I. 湾水の周年変化. 北大水産彙報 20(4), 303-312.
- 2) 大谷清隆(1971). 同上. II. 噴火湾に流入・滞留する水の特性. 同誌 22(1), 58-66.
- 3) 大谷清隆・秋葉芳雄・吉田賢二・大槻知寛(1971). 同上. III. 親潮系水の流入・滞留期の海況. 同誌 22(2), 129-142.
- 4) 大谷清隆・秋葉芳雄(1970). 沖合域海洋調査. 栽培漁業開発調査資料 12-34. 札幌; 北海道開発局局長官房.
- 5) ———— (1971). 同上. 同誌 8-45. 同上.
- 6) 日高孝次外(1934). 噴火湾海洋観測報告. 海洋時報 6, 209-239. 図版 78.
- 7) 中野猿人外(1943). 同上. 同誌 14(1), 63-110.
- 8) 小藤英登(1950). 噴火湾近海海洋観測報告. 噴火湾近海海洋調査報告 2-62. 室蘭; 室蘭市役所.
- 9) 函館海洋気象台(1961). 津軽海峡観測 15年報. 気象庁技術報告 9, 1-62.
- 10) 和達清夫監修(1954). 気象の事典. 572 p. 東京; 東京堂.