HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	噴火湾の海況変動の研究：Ⅰ 湾水の周年変化
Author(s)	大谷, 清隆; 秋葉, 芳雄
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 20(4), 303-312
Issue Date	1970-02
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/23405
Type	bulletin (article)
File Information	20(4)_P303-312.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

噴火湾の海況変動の研究

I 湾水の周年変化

大 谷 清 隆*・秋 葉 芳 雄*

Studies on the Change of Hydrographic Conditions in the Funka Bay

I. The annual change of the water of the bay

Kiyotaka OHTANI and Yoshio AKIBA

Abstract

The annual change of the water in the Funka (Volcano) Bay is described on the hydrographic observations made from June 1968 to May 1969. Four different types of hydrographic conditions appear in the bay through a year.

1) The cold and less saline water of the Oyashio Current intrude into the northern part of the bay through the upper layer during April till May.

2) Except for the bottom layer, the waters of the Oyashio Current occupy the whole bay in summer.

3) The warm and more saline waters of the Tsugaru Warm Current intrude into the northern part of the bay through the intermediate layer during September till October

4) In winter, the waters of the Tsugaru Warm Current occpy the whole bay. Consequently, a clockwise circular current in the bay weakens and the waters become homogeneous from the surface to the bottom by thermal convection.

The characteristic features of the bay were investigated by the T-S diagram analysis.

1 ま え が き

近年沿岸漁業は獲る漁業から，殖やし，育てる漁業，いわゆる栽培漁業への体質改善が必要とされ，多くの沿岸でその試みがなされている。北海道においてもその適地の一つとして噴火湾が選定されている。北海道開発局ではこのために，噴火湾栽培漁業基礎調査を計画し，各関係機関の協力のもとに1967年より多くの問題について調査を実施している。当教室では同調査の一環として，1968年6月より，北海道区水産研究所と北海道立函館水産試験場の協力を得て，湾内の海況変動について調査を行なってきた。

噴火湾は北海道南部東側に位置し，半径約14浬（約26 km）のほぼ円形の湾であって，湾周の約6分の1に相当する部分が南東部で太平洋に開口している。その水深は Fig. 1 に見られるように湾中央部で最大水深107 m を示し，湾口部はやや浅く85 m 程度で，浅い皿型をしている。

1932年8月に，日高ら[1]は神戸海洋気象台の春風丸によって詳細な海洋観測を行ない，湾内に時計廻りの環流のあることを報告している。その後1948年から1951年にわたって周年の観測が小藤[2][3][4]

* 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*)

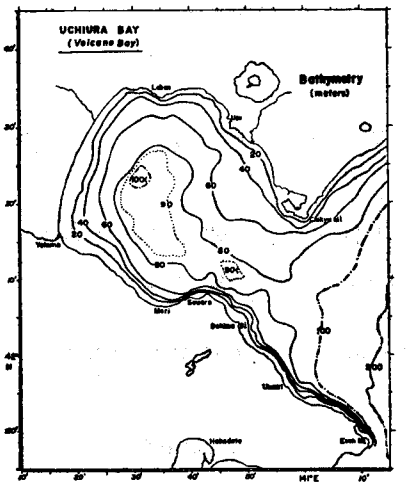


Fig. 1. Bathymetry of the Funka Bay

によってなされ，その結果，湾内の水は春から夏の間は親潮系水によって占められ，秋に津軽暖流水が表層より湾内に流入し，12月には津軽暖流水によって占められ，両水系水の周期的交換の見られることが報告されている。

本著では，1968年6月から1969年5月までに得られた観測資料をもとに湾水の周年変化について第1報として報告する。報告にあたって調査に協力いただいた各関係機関，森漁業協同組合，砂原漁業協同組合，砂原漁協所属漁船大栄丸・栄盛丸・勝栄丸・久宝丸の船主・船長各位，と当教室調査艇"ゆうから"に共に乗船し調査に参加した，遠藤，西村，富樫，山下の学生諸氏，ならびに本調査に際し種々御助言，御指導いただいた小藤英登博士と竹内能忠教授に深く感謝致します。

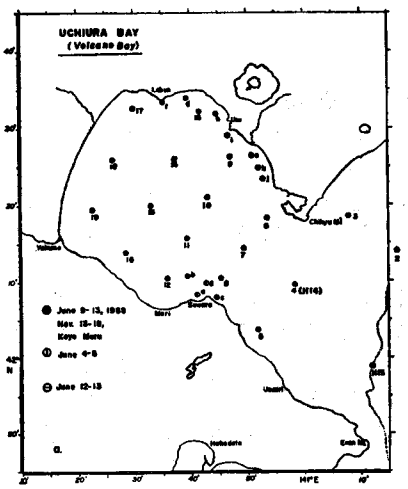


Fig. 2a.

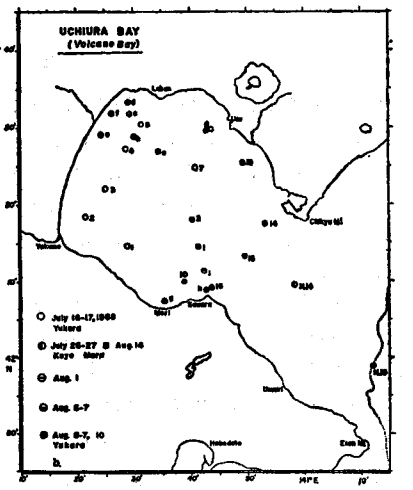


Fig. 2b.

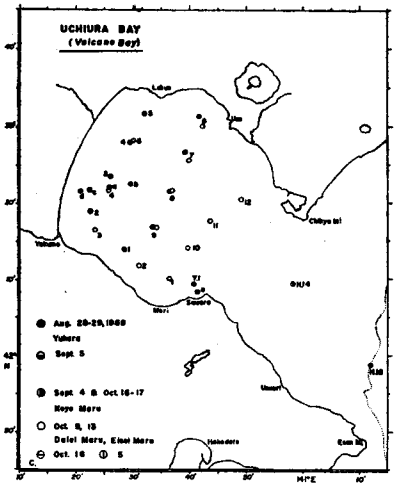


Fig. 2c.

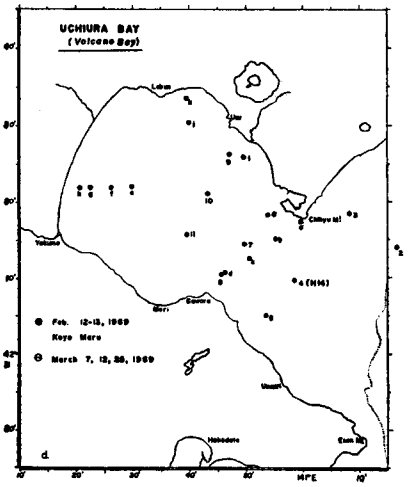


Fig. 2d.

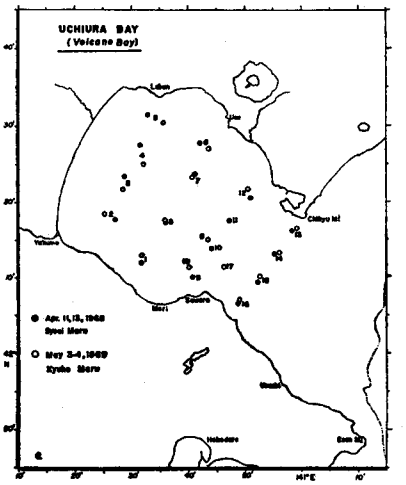


Fig. 2e.

Fig. 2a-e. Monthly station positions

2 資　　料

採水，測温は Nansen 採水器と転倒温度計を用い，塩分は Auto-Lab. Inductive Salinometer を用いて測定した。1968 年 6 月，11 月および 1969 年 2 月の資料は北海道立函館水産試験場の調査船"光洋丸"による観測結果であり，他の月は当教室の調査艇"ゆうから"と砂原漁港の漁船を用いて実施したものである[5]。その他に北海道区水産研究所の調査結果の一部を用いている。

観測点は気象条件その他の障害により欠測点が多かったが，ほぼ周年にわたって 8 時期について得られている。Fig. 2a～e に各月別の観測点を示した。ここでは一応，地球岬と出来澗埼を結ぶ線より西側の海域を湾内としている。

3 考 察 お よ び 結 果

1. 湾内水の T-S 変化

噴火湾に流入する外海水は親潮系水の表層水と津軽暖流水との二水系水のみであることは，すでに小藤[2]によって明らかにされている。これら二水系水の交換にともなう湾水の変化は湾内各点の T-S 曲線によって明瞭に示される。Fig. 3a に示されるように，6月では表面近くを除いて湾内各地点の T-S 分布はほぼ一様で，湾水は同一水塊であることがわかる。極小水温がおよそ 60～70 m 深に見られ，2°C 前後を示し，春季の親潮の沿岸水の表層水に一致している。この極小水温層の下層にはやや高温，高塩分な底層水が 80 m 以深の地点に見られる。したがって水深の大きい地点ではこの冷水は中冷水として認められる。この時期に湾口近くの H. 14 の底層には，混合により希釈されてはいるが，33.6 ‰ 以上の津軽暖流水の先端部がすでに現われている。

7月中旬にも Fig. 3b に示されるように，このような状態は持続されていて，表層の加熱による水温上昇と湾外水との混合による中層水の塩分増加等，多少の変質は見られるが，8月まで 6月に湾内を占めていた水と同一水塊として認められる。一方湾外の H. 14 では津軽暖流水と 6月の湾内水とのちょうど中間の T-S 分布を示していて，湾外では両水系水の混合が湾内に比較して大きいことが理解される (Fig. 3c)。

しかし，10月中旬になると Fig. 3d に見られるように，湾外の H. 14 ではほとんど津軽暖流水に一致し，湾内の各点でも中層を主として塩分が急増していて，津軽暖流水が湾内に流入，混合していることがうかがわれる。Fig. 3e に示されるように，11月には湾内の水は津軽海峡東口の地点の T-S 分布にほとんど一致し，春から夏にかけて湾内に滞留していた親潮系水との交換の完了したことを示している。この後3月までは塩分に大きな変化はみられないが，水温はしだいに低くなり，冷却にともなって対流混合は深部に達し，ついには全層均質な水によって占められ，3月に極小水温 3.5°C 前後

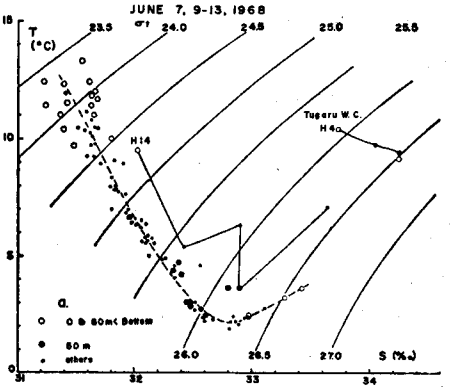


Fig. 3a.

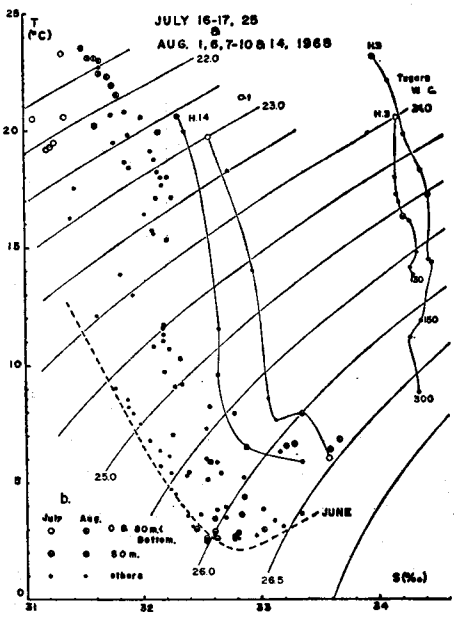


Fig. 3b.

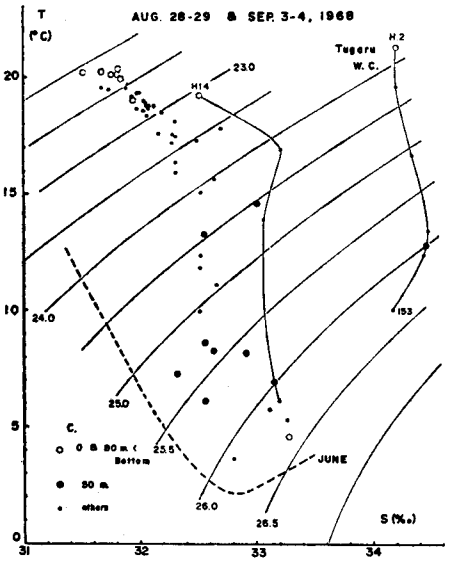


Fig. 3c.

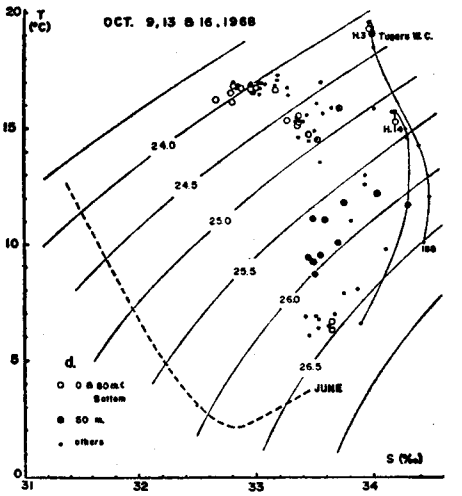
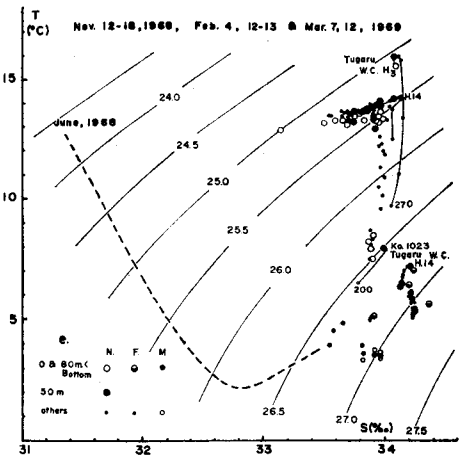
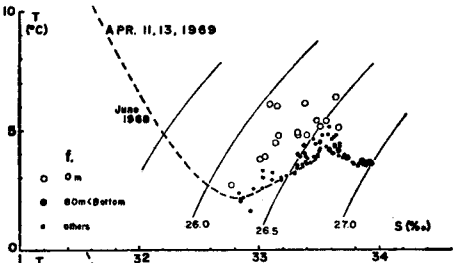


Fig. 3d.





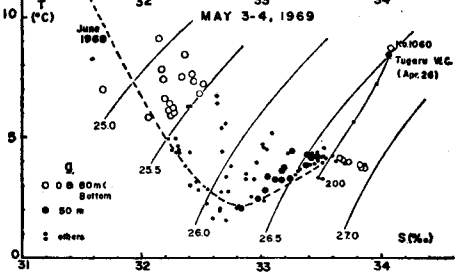


Fig. 3a-f. Monthly T-S diagrams of the bay and Tsugaru Warm Current

となる。2月の H. 14 の水温をみると湾内の各点より高い。これは湾外では冷却による対流混合層が 150 m 深におよぶのに対して，湾内の水深が 100 m 以内であるためであろう。このことは同時に，秋から冬にかけて，湾内に流入した津軽暖流水もまた閉鎖されて滞留していることを示すものであろう。

Fig. 3f に示されるように，4月に入ると加熱され表層の水温はやや上昇し，同時に大量な融雪水の流出などによって希釈された低塩分な水が表層をおおうようになる。それと同時に湾口部より北東

岸沿いに，塩分 33 ‰ 以下で水温 2°C 前後の冷水が表面から 30 m 深にかけて現われ，親潮系水の流入を示している。しかし 50 m 深以深には 3 月に見られた水がほとんど変化なく存在している。5 月になると Fig. 3g に見られるように，この冷水は 30～50 m 深に達し湾の北側半分の中層以浅を占めるようになる。ただし表面近くは 4 月に引き続く陸水の流出のため希釈されて低塩分となる。一方水温は加熱が進み表層だけが上昇している。しかしこの冷水以深の底層の水は 4 月とほとんど変化なく滞留している。

この冷水の流入は引き続いて見られ，6 月には湾内の中層以浅を占めにようになり，Fig. 3a にみられるように，親潮系水の流入が完了する。

これら両水系水の流入，滞留による変化を深度別に Fig. 4 に示した。図中の数字は観測した月をあらわしている。Fig. 4a に示される表面の T-S 変化をみると，2 月から 3 月にかけて最低水温となり，その後徐々に塩分は減少し，一方水温は上昇を始める。4 月に入ると北東部の地点では急激に水温，塩分共に低下する。これは先に述べたように親潮系水の流入によるものである。しかし他の多くの地点にはこの影響はおよんでいず，水温上昇と塩分低下はゆるやかに持続されている。4 月と 6 月の間の塩分低下は著しく，約 2 ‰ にも達するが，6 月以後はこの塩分低下は停止する。この塩分低下は陸水や降水の影響と同時に，親潮系水の流入による湾内水の質的変化を示すものであろう。6 月以後塩分変化の小さいことは湾内水が滞留していることを現わしている。8 月を過ぎて気温が下がり始めると表面水温も同時に低下し始める。これに反して塩分は増加し始め，11 月には 3 月又は 4 月頃の塩分値に等しくなる。この間の塩分の増加が冷却に伴なう対流混合のため，深部の水との混合によってもたらされたものでないことはその塩分値から明らかで，この原因は津軽暖流水の湾内への流入のた

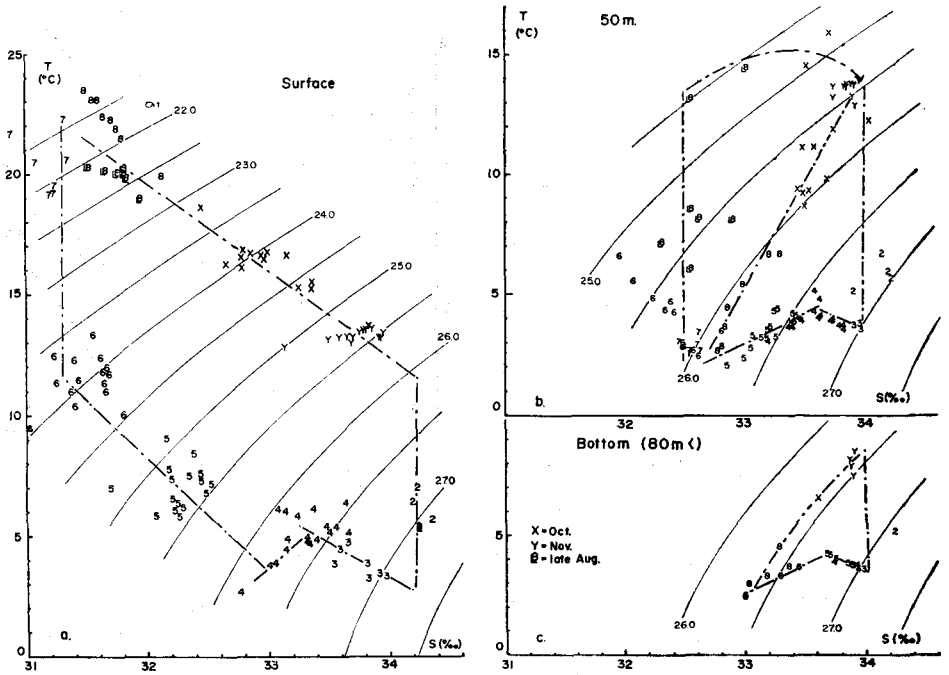


Fig. 4a-c. Variations in T-S relation at each depth through a year

めと考えられる。11月以後3月までの間は塩分変化は小さく，水温は冷却の進むにつれて低下し，前述のように津軽暖流水は湾内に滞留していると考えられる。

中層の50 m深について Fig. 4b に示した。ここでは表層とほぼ似た変化を示しているが，上下両層との混合や湾外水の流入などのため，変化の状態は表層より複雑である。3月に極小水温が見られることは前述のように表面から最深部まで共通な現象であるが，親潮系水の流入に伴なって見られる最低水温はこの深さでは，5月から6月にかけて現われ，湾奥部ではこの水温が8月まで維持されている。しかし湾口近くや北東側の地点では湾外の津軽暖流水との混合が8月頃からみられ，T-S 分布は σt : 26.1 の等密度線に沿っている。加熱による水温上昇は表層との間の塩分躍層のため妨げられるので比較的ゆるやかで，時計廻りの環流に伴なう湾央部の沈降した表層水を除いて，8月でもなお9°C 以下である。

10月になるとこれらの冷水は湾内の中層には全く見られず，塩分は 33.5 ‰ 以上となって4月頃と同程度の値となり，水温も湾奥部で 10°C 前後，湾口で 15°C 前後と冷却期に入って逆に上昇している。これは津軽暖流水の流入を明らかに示している。11月になると地点による水温差は小さく 14°C 前後を示し，塩分も同様に 33.9 ‰ 前後に増加する。その後は冷却のため水温は単純に低下し，3月に極小となることは前述のとおりである。

80 m 以深の海域は Fig. 1 に示されるように，湾口南側と湾央西寄りの比較的狭い範囲であるが湾口の最新部が 85 m と湾内より浅いので，底層水は封鎖されて滞留する。そのため Fig. 4c に示されるように中層以浅とことなってその変化は小さい。冬期に冷却されて均質となった中層以浅の水は親潮系水の流入につれて湾外に流出するが，底層では5月までこの水がほとんど変化なく存在している。しかし6月に入ると親潮系水の影響がこの底層にまでおよんで水温，塩分共に低下する。その後底層水は中層の冷水と徐々に混合し，より低温，低塩分となって8月まで滞留している。しかし9月頃からは中層より流入する津軽暖流水と混合するため水温，塩分は上昇しはじめ，11月には表層や中層の水と同様に津軽暖流水によって占められる。このため底層の水温は6月に最低を示し，11月に最高となっている。その後冷却のすすむにつれて対流混合層が深まり，3月には全層均質となって 3.5°C 前後の極小水温を示す。

2. 湾水の交代時期と海況の特徴

前章に述べてきたように湾水の T-S 変化には明瞭に周期的変化が認められ，これらの変化が両水系水の流入更新にともなうものであることは明らかである。ここで各水系水の流入期と滞留期に見られる海況の特徴について述べる。

a)　親潮系水の流入期と滞留期

冬期の冷却によって湾内の津軽暖流水は鉛直に混合され，3月には高塩分で低温な高密度の水となる。湾外に低温ではあるが低塩分のためこれより低密度の親潮系水が近づき，両者の均衡がやぶれると表層から親潮系水は流入を始め，それにつれて湾内の水は中層より湾外に流出する。この時期は年により変動があると思われるが 1969 年の場合，4月に地球岬沖より冷水の流入が始まっていた．その後5月初旬には親潮系水の範囲は広まり，湾の北東側半分の 50 m 以浅を占めるようになる。この時の湾央部の鉛直断面を Fig. 5a に示した。

冷水の中心は St. 7 の 50 m 深にあり，塩分 33 ‰，水温 2.5°C で σ_t は 26.4 を示している。しかし南側にはこのような冷水はなく，中層底層共にほとんど等温である。塩分も陸水の流出等によって表層から希釈されてはいるが，底層ではほとんど変化なく滞留している。この冷水は σ_t の分布から見て，時計廻りの小さな環流として徐々に流入していると思われる。このような海況を示す4月，5月を親潮系水の流入期とする。

親潮系水の流入は引き続き，6月には 60〜70 m 以浅の湾全体を占める。したがって湾内の 50 m 以深の海域ではこの時期に底層又は中層の水温が最低となる。Fig. 5b に6月と同様な鉛直断面を示

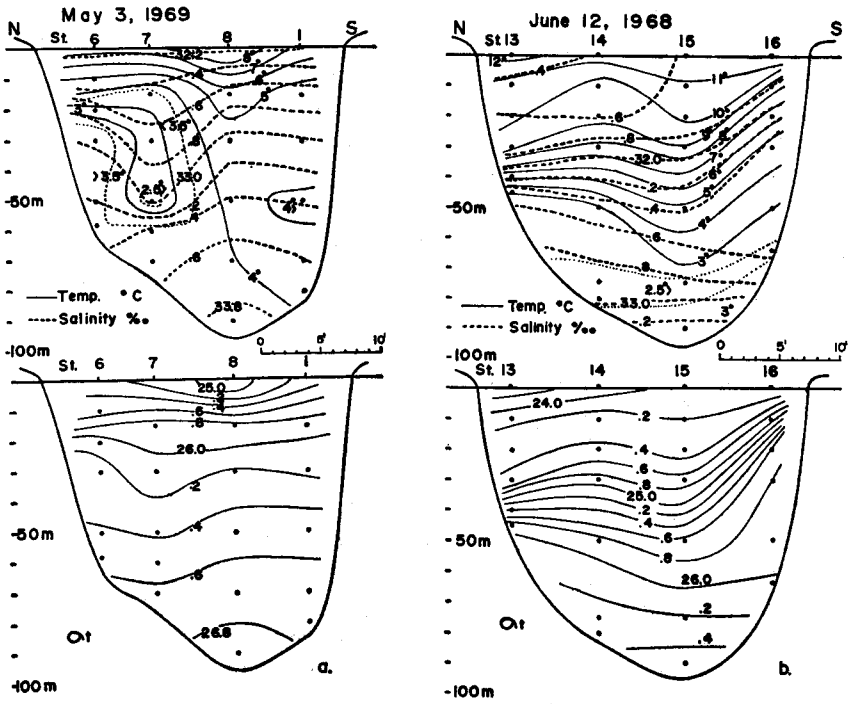


Fig. 5.

したが，表層水と中層水との間にある大きな塩分躍層が特徴的である。この躍層は8月まで持続されるので盛夏になっても中層以深は低温に保たれている。σ_t の分布にも示されているが時計廻りの環流にともなって湾周辺部には湧昇がみられ，中央では沈降のあることは日高等[1]の指摘しているとおりである。この6月から8月までを親潮系水の滞留期とする。

b) 津軽暖流水の流入期と滞留期

津軽暖流水は9月頃から湾口部に近接し，中層より徐々に流入混合を始める。そのため湾内の高温で低塩分な表層水は湾口南側から湾外に流出する。Fig. 5c に示されるように10月に入ると，中層以深は全体に塩分が増加しほぼ等塩分となる。津軽暖流水も北東岸寄りに流入するが，St. 6 の最深部に34‰の高塩分な暖水があり，津軽暖流水の流入を示している。すでに冷却期に入っているので，20～30 m 深まではほぼ等温，等塩分となっているが中層以深の水との間には比較的大きな密度躍層があり，鉛直混合は妨げられている。この9月から10月の間を津軽暖流水の流入期とする。

11月になると湾全体の塩分は急増し，Fig. 5d に示されるように鉛直塩分傾度はきわめて小さくなる。このため表層の対流混合は50 m 深にも達し等温となっている。70 m 深に塩分の小さな極大があり，底層の塩分も増加して33.8‰以上になっているが，これらの間に小さな水温躍層がまだ見られる。σ_t の分布はほぼ水平であって，環流がこの時期には弱まるものと思われる。これ以後3月までは塩分の変化は小さく，冷却による水温の低下が単純にみられるのみであろう。この冷却の極に達した時に底層までの対流混合が行なわれるので，底層水は全く更新されてしまう。この間の11月から3月までを津軽暖流水の滞留期とする。

流入期に噴火湾の北側と南側では全く海況がことなっていて，常に北側が早くに流入する水系の影

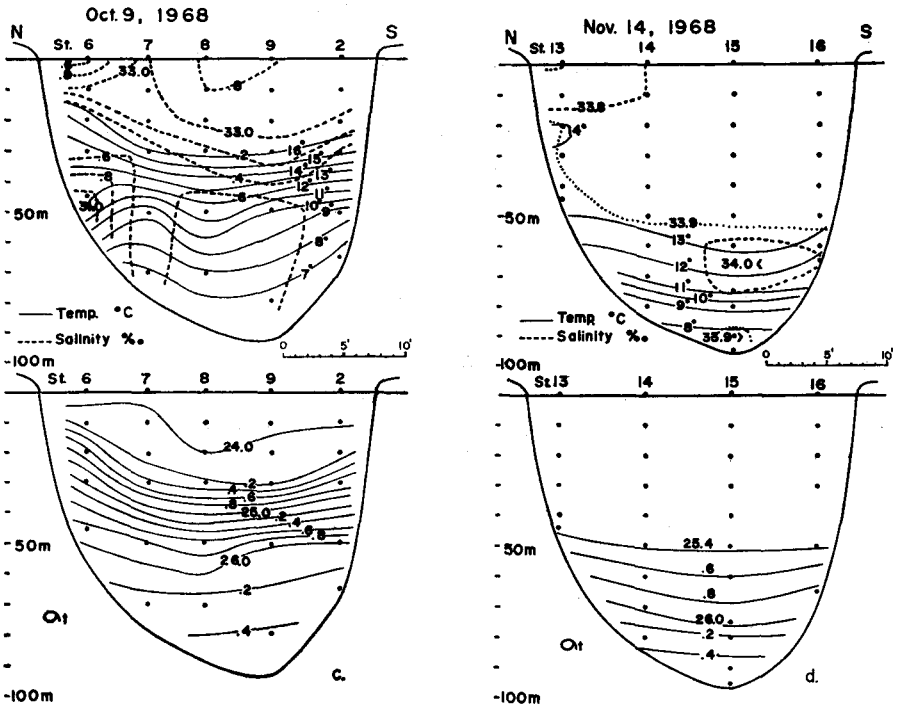


Fig. 5a-d. Vertical sections of temperature, salinity and σ_t across the center of the bay at each period

響をうけ，この間に 1～2 か月 の差がある。しかし，両水系水の流入の時期や滞留の期間，流入量等は年変動が大きく，その諸要因については今後の研究課題として行なう予定である。

以上簡単に両水系の交代にともなう海況について述べたが，各時期の詳細は次報に報告する。

4 要　　約

1968 年 6 月から噴火湾の周年にわたる海洋調査を行なったが，その結果を要約すると

1) 噴火湾には春に親潮系水が表層から流入し，中層以浅全体を占めて夏の間滞留している。秋になると親潮系水にかわって，津軽暖流水が中層から流入を始め，冬の間滞留している。

2) 両水系水の交代は全く周期的にみられるが，湾内の海況より両水系水の流入期と滞留期の 4 期にわけられ，それぞれ特徴のある海況を示している。1968 年 6 月から 1969 年 5 月では，親潮系水滞留期は 6, 7, 8 月で津軽暖流水の流入期は9, 10月，滞留期は 11, 12, 1, 2, 3 月，親潮系水流入期は 4, 5 月であった。

3) 親潮系水流入期には，湾の北東側より流入するため水温，塩分共に急激に低下し，比較的温暖で高塩分水が滞留している南側とことなった海況を呈する。

親潮系水滞留期には，60～70 m 深までの湾全体を占めるため，中層の水温は周年の最低となる。表層は陸水等によって希釈され，20～30m 深に大きな塩分躍層を生じるため，この低温は津軽暖流水の流入期まで長く持続される。

津軽暖流水の流入期には，湾全体が中層から徐々に昇温し，塩分も増大するが，特に北東側は直接流入した津軽暖流水のため温暖で高塩分となる。

津軽暖流水の滞留期には湾内の環流は弱まり，対流混合により全層均質となって行く。津軽暖流水の流入が完了した時点に，底層の水温は最高を示す。冷却が進むにつれ対流混合層は深まり，ついには底層まで達するので，この時底層水は全く更新される。この底層水は高塩分で低温であるため親潮系水が流入しても，その下層深部に夏中滞留している。

4) 両水系水の湾内への流入，滞留の時期や期間，相互の量等には年変動がみられるが，これらについては今後の課題として研究する予定である。

文 献

1) 日高孝次外 (1934). 噴火湾海洋観測報告，海洋時報 6, 209-239. 海洋気象台.
2) 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. 室蘭市役所.
3) ——— (1952). 噴火湾漁業経営安定基礎調査海洋観測 1-17 北海道水産試験場.
4) Koto,H. (1965). Stagnation, mixing and renewal of the water of the Funka Bay. *Mem. Fish. Hokkaido Univ* 13 (2), 65-78.
5) 大谷清隆・秋葉芳雄 (1970). 噴火湾栽培漁業基礎調査報告，沖合海洋調査. 北海道開発局 印刷中