HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	噴火湾の海況変動の研究：Ⅱ．噴火湾に流入・滞留する水の特性
Author(s)	大谷，清隆
Citation	北海道大學水産學部研究彙報，22(1)，58-66
Issue Date	1971-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24219
Type	departmental bulletin paper
File Information	22(1)_P58-66.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

噴火湾の海況変動の研究

II. 噴火湾に流入・滞留する水の特性

大谷清隆*

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

II. Characteristics of the Waters Occupying the Funka Bay

Kiyotaka OHTANI

Abstract

The Funka Bay is occupied by the waters of the Oyashio system from spring to summer, and by the waters of the Tsugaru Warm Current from autumn to winter.

The Oyashio system consists of two water types. One is the Coastal Branch of the Oyashio which shows a salinity of 33.0 ‰ or more and a temperature below 3.0°C. in the upper layer during late winter. The other type contains the melting waters of drift ice coming from the Okhotsk Sea along the coast of Tokachi from February to March, which is characterized by salinity less than 33.0 ‰ and temperature below 1.0°C. during the ice melting season. The bay, in general, is occupied by the latter in spring and summer; the former flows into the bay only when the replacement of the waters occurs earlier than usual during late winter. This cold and less saline water remains in the bay at the bottom of the upper layer as a dichothermal water by summer. The characteristics of the Tsugaru Warm Current are defined as warm (6°C. or more) and saline (33.8 ‰ or more) waters at depths throughout the year. Therefore the cyclic change of both waters is approximatively indicated by the variations in salinity.

The surface water of the bay is diluted by discharge of land water from spring to summer, consequently warm and less saline water is found above the Oyashio water in the surface layer. During the second half of the year, the Tsugaru Warm water in the bay is cooled by heat conduction and evaporation and it becomes gradually homogeneous and cold (3.5°C.); dense (σt=27.0) water is consequently formed in late winter and this water remains in the deep region (more than 85 m.) of the bay as the bottom water even when the Oyashio water intrudes into the bay in spring.

Among five water types found in the bay, two or three enter into the bay and two are formed locally in the bay.

1. まえがき

噴火湾には，春から夏にかけて親潮系水が流入・滞留し，秋から冬の間は津軽暖流水がこれに替わって流入・滞留していることは，小藤[1,2,3]や第I報[4]に報告されている。両水系水の交替は周期性

* 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*)

を示し，交替時期や流入量に年変動がみられるが，この湾の特徴ある永続的現象と考えられる。したがって，流入する湾外水によってこの湾の海況は支配され，内湾であるにもかかわらず，流入する両水系水の特性に対応して顕著な海況変化を示す。また湾内に入った両水系水は一時期，湾内に閉鎖的に滞留するので，その間に変質を受けて湾外の海域には見られない，噴火湾固有水とも言われるべき水型が形成される。本著では，湾内に流入する両水系水と湾内で形成される噴火湾固有水の特性について整理・考察を行なったので，第 II 報として報告する。

報告にあたって，資料の提供をいただいた函館水産試験場の各位と，文献の蒐集その他御援助下さった函館海洋気象台，奏克己，赤川正臣の両氏，ならびに本文を校閲下さった竹内能忠教授に厚くお礼を申し上げます。

2. 資　　料

本著に用いた海洋観測資料のうち，湾外の津軽海峡内については函館高等水産学校（現在，北大水産学部），函館海洋気象台，函館水産試験場，釧路，日高沖の海域については函館海洋気象台，北大水産学部が行なった観測結果である。噴火湾内については海洋気象台，函館海洋気象台による観測結果と，室蘭市の企画に基づいて小藤が行なった調査結果，ならびに北海道開発局の企画に基づいて大谷・秋葉が行なった調査結果である。観測資料の一覧を Table 1 に示した。これらの資料は Nansen 採水器と転倒温度計による観測結果であり，函館海洋気象台，函館水産試験場，北大水産学部の資料のうち，1968 年以降の塩分は Auto-Lab Salinometer によって測定されている。

Table 1. Source of data used for this study

Year	Month	Ship	Institute	
1932	8.	Syunpu Maru I	Marine Observ.	5)
1935	9, 10, 11, 12.	Oshoro Maru II	Hakodate Coll. of Fish.	6)
1936	1, 2, 3.			
1942	9.	Yushio Maru	Hakodate Marine Observ.	7)
1948	11, 12.	Eitoku Maru		
1949	3, 4, 5, 7, 8, 10, 12.	Uchiura Maru, Hokusei Maru I	Hokkaido Univ.	1)
1950	3.	Hokusei Maru I		
1968	2, 4.	Kofu Maru	Hakodate Marine Observ.	8)
1968	4.	Hokusei Maru	Hokkaido Univ.	9)
1968	6, 7, 8, 9, 10, 11.	Koyo Maru	Hakodate Fish. Sci. Inst.	10)
1968	7, 8, 10.	Yukara	Hokkaido Univ.	11)
1968	6, 11.	Koyo Maru	Hakodate Fish Sci. Inst.	
1969	2.			
1969	2, 4.	Kofu Maru	Hakodate Marine Observ.	12)
1969	4.	Hosksei Maru	Hokkaido Univ.	13)
1969	6, 7, 8, 9, 10, 11.	Koyo Maru	Hakodate Fish. Sci. Inst.	
1969	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10.	Daiei Maru, Kyuho Maru Syosei Maru, Syoei Maru Daisan-Kichi Maru	Hokkaido Univ.	14)
1969	11.	Koyo Maru	Hakodate Fish. Sci. Inst.	
1970	2			

3. 結果および考察

1)　津軽暖流水

九州西方で，黒潮から分岐して日本海を北東に流れる対島暖流は，日本海沿岸を流れる間に沿岸水や日本海固有水と混合して変質しながら津軽海峡西口に達し，その一部を津軽暖流として太平洋へ送

りこんでいる。奏[15]によれば，北上して来た対島暖流は夏期には，第2水温躍層以浅の 6°C 以上の水として認められ，津軽海峡西口付近でその厚さは 150～200m 程度で，津軽海峡に流入する流量は北上して来た対島暖流の約8割に相当する $1\sim4\times10^6 m^3/sec$ で，北上流の 50～100% の変動があると推算されている。

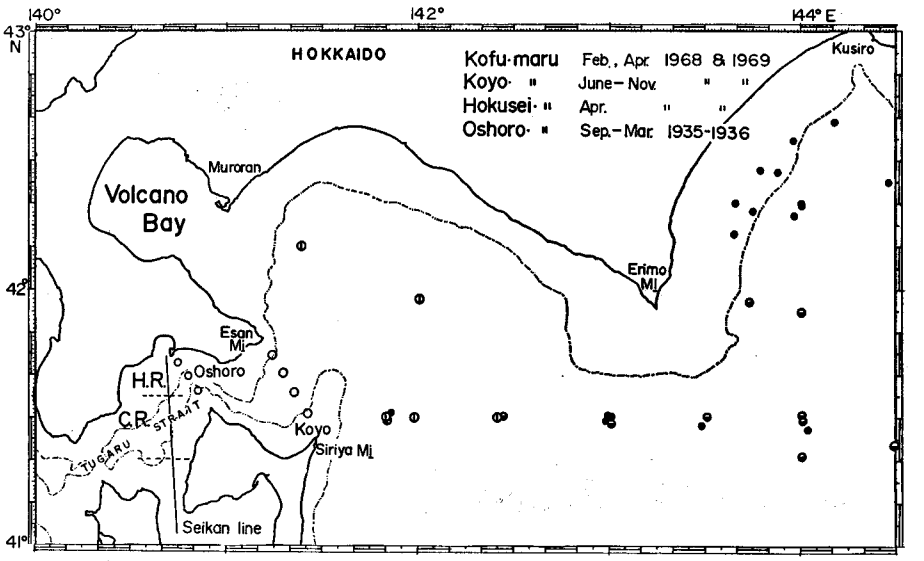

Fig. 1. Location of observation points used in Fig. 2. Mark of stations coincides with that used in Fig. 2.

津軽海峡内の海洋調査は函館海洋気象台が古くから行なっていて，その成果は数多くの報告に発表されているが，ここでは Fig. 1 に示されている，青函連絡船の航路上で調査された長年月にわたる観測結果[16]を引用した。函館水域（H.R.）における 1947 年から 1957 年の 10 年間の資料に基づく，表面水の水温と塩分の旬別平均値が計算されているが，その値を T-S 図上に示すと，Fig. 2 右側の実線で結んである点のようにあらわされる。これらの点の塩分はいずれも 33.6‰ より高く，水温は冬期においても 7°C 以上と温暖である。海峡中央部（C.R.）でも同ようで，年平均塩分は 33.77‰ と高塩分である。太平洋に流出する津軽暖流水は海峡内の複雑な地形と強い海・潮流によって鉛直混合されるため，塩分の鉛直傾度は比較的小さい。しかし，表層は降水や陸水の流出等によって変質を受けやすいので，津軽暖流水の特性を特徴的に示すと考えられる塩分極大層の T-S 値を，恵山岬と尻屋崎を結ぶ海峡東口と，函館と大間を結ぶ両断面について，同じく Fig. 2 に示した。ほとんどの塩分極大値は 34.0～34.3‰ の間にあるので，一般的には，津軽暖流水の塩分値は前述の表面水の値とこれらの値の間にあるとみなされる。

恵山岬と尻屋崎を結ぶ海峡東口の断面では，東流する津軽暖流水の下層に親潮の水が沈潜してみられる。春から夏にかけては，恵山側の沿岸に親潮系水が反流として流入していて，時には函館山沖に達する。しかし，親潮系水が海峡内に流入している水域は通常，汐首岬以東に限られ，函館と大間を結ぶ断面には達しない。したがって，この断面における海底近くの水温は，海峡を東に流れる津軽暖流水の最低水温を示すことになる。冷却期に入る 9 月から，冷却期の終る 3 月までの海底近くの T-S 値を円でかこんで Fig. 2 に同ように示した。周年の最低水温は表面と同じく 3 月に記録されているが，その値は海峡西口における夏期の対島暖流水下限と等しく，6°C 以上であって，津軽暖流水の温暖性

をあらわしている。

このように，津軽暖流水の特性は温暖，かつ高塩分であることにあり，これらの特性を示す指標として，塩分 33.6‰ 以上，水温 6°C. 以上であることを用い得る。Fig. 2 の右側に津軽暖流水の特性の範囲を破線で示し，Tw であらわした。

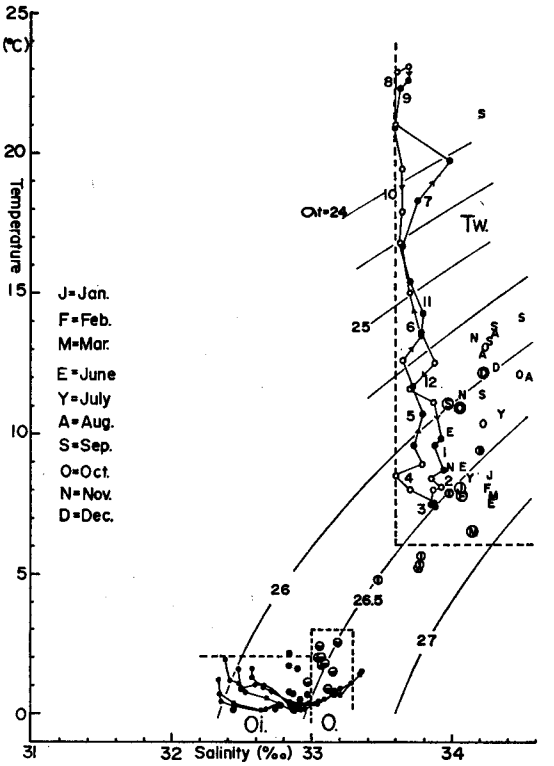

Fig. 2. Characteristics of the Tsugaru Warm Current, the Oyashio system and the waters out of the bay. Linked points inside of Tw. are ten-day mean values of the surface waters averaged for the years 1947 to 1957 in the Hakodate region in the Tsugaru Strait. Letters indicate the values of the maximum salinity layer in the section between Esan and Shiriya for each month. Letters in a circle indicate the value at the bottom, in the section between Hakodate and Oma. Other marked circles and points indicate the values at the surface in February and in the dichothermal layer in April, and linked black points show the T-S relations of the melting waters of drift ice in April.

2)　親潮系水

北海道から東北沖に南下している親潮は，北得撫水道以南から太平洋に流出する Okhotsk 海表層水を起源とし，千島列島南部に沿って南西流して来る親潮接岸分枝といわれるもので，その流量は 1～4×$10^6 m^3$/sec であり（秦[17,18]），津軽暖流の流量にほぼ等しい。一方，Okhotsk 海で生成された海氷は流氷となって，根室海峡や国後水道等を通って太平洋に流出して来る。流氷が釧路沿岸に達するのは通常，2月に入ってからであるが，2月から3月にかけて流氷は釧路沿岸を南西に流れ，時には襟裳岬に達し，この間に分離拡散して融解する（赤川[19,20]）。杉浦[21]は沖合を流れる親潮接岸分枝と，融氷水を

含むこの沿岸水の特性について，1933 年から 1959 年の間に得られた釧路沖の観測結果を用いて，水温と塩分の季節別の累年平均値を示している。それによると，冬期間の表面水の平均値は沿岸水域で塩分 32.7～32.8‰，水温 1°C 以下であり，沖合水域では塩分 33.0～33.15‰，水温 1～2°C である。

Fig. 1 に示した観測点について 1968 年と 1969 年の 2 月の表面と，4 月の中冷層の T-S 値を Fig. 2 に示した。沖合の親潮接岸分枝の場合，冬期の対流混合によって上層は均質になっているので，これらの値は上層全体を代表するものである。融氷水を含む沿岸水の場合，融氷水によって上層水が変質を受けているので，陸棚上の各地点については T-S 曲線を示した。Fig. 2 の T-S 値を示す印は Fig. 1 の測点の印に対応させてある。津軽海峡東口から日高沖合に至る海域の T-S 値は σ_t=26.5 前後の等密度線に沿って分布していて，この海域が津軽暖流水と親潮系水との混合水域であることをあらわしている。一方，襟裳岬以東の海域では，沖合に 33.0～33.2‰ と比較的塩分の高い親潮接岸分枝の水が分布し，沿岸部にはこれより塩分，水温共に低い沿岸水が分布している。融氷水によって変質を受けている沿岸水の塩分は，4 月では，表面で最も低く，極小水温層以浅の塩分値は 32.3～32.8‰ 程度である。水温も全般に低く，極少水温は 0.5°C 以下を示している。極小水温層の密度は σ_t=26.4 で，沖合の表面水の 2 月の値にほぼ等しい。このように親潮系水は二つの水型からなっていて，その特性はともに寒冷で低塩分であることであるが，親潮接岸分枝は塩分 33.0～33.3‰，水温 3°C 以下，沿岸水は塩分 33.0‰ 以下，水温 2°C 以下が，特性を示す指標としてそれぞれ用い得る。特性の範囲を同じく Fig. 2 に破線で示し，それぞれ O., Oi., であらわした。

噴火湾に親潮系水が流入するのは 3 月，または 4 月頃からであるが，約 1 月程前から親潮系水との混合水が前駆的に流入する。Fig. 3-a に湾内の極小水温層の T-S 値を示したが，前述の水型の分類に従うと，沖合の融氷水を含まない親潮接岸分枝の水が湾内に流入しているのは 1950 年 3 月にみられるだけで，他の年の 4 月以降に流入している水は融氷水を含む親潮沿岸水である。1932 年 8 月の場合

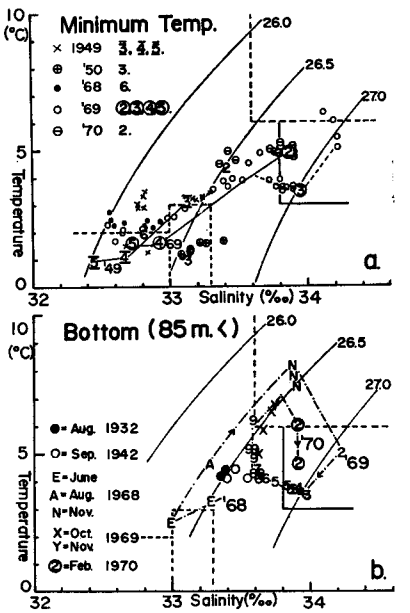

Fig. 3. a; Change of values in the minimum temperature layer. Numerals indicate the minimum temperature by month in the bay.
b; Change of the bottom water in the deep region of the bay

でも，中層の水温は加熱盛期のため高温になっているが，その塩分値は 33.0‰ 以下と低く，滞留している水が親潮沿岸水起源の水と認められる。噴火湾内の冬から春にかけての観測は きわめて少ないが，得られている結果からみて，噴火湾に流入する親潮系水は通常，融氷水を含む沿岸水であって，沖合水が流入するのは融氷期より早くに湾水の交替が生じた場合に限られる，と推定される。

3)　湾内における滞留水の変質

秋に噴火湾に入った津軽暖流水は塩分の鉛直傾度が小さいので，冷却期の進むにつれて蒸発と冷却によって表層の密度を増し，深くまで対流混合され，ついには表面から海底まで均質になってしまう。Fig. 3-a, b と Fig. 5 にそれぞれ示されるように，冷却によって最低水温となるのは 3 月であるが，2 月以降の水温は津軽暖流の最低水温より低くなっている。塩分 33.9‰，水温 3.5°C, σ_t=27.0 で代表される高塩・低温な水は Fig. 2 に示されるように，津軽暖流水には存在せず，親潮水域では 400～500m 深にある水に相当していて，沿岸の浅海域では他にみられないものである。これは沖合海域では冬期の対流混合が 100m 以深にも及ぶのに対し，噴火湾の平均水深が 57m と浅く，また水が湾内に一時滞留しているため湾内水が相対的に低温になると考えられ，湾内で冬期に形成される噴火湾固有の水といえよう。この水の特性は水温 3°～6°C，塩分 33.8‰ 以上を指標としてあらわされる。

この水は春に親潮系水と交替して湾外に流出するが，1969 年の場合，Fig. 3-b に示されるように，5 月までは変質されることなく深部底層に残っている。その後中層の水と鉛直混合され徐々に 変質し

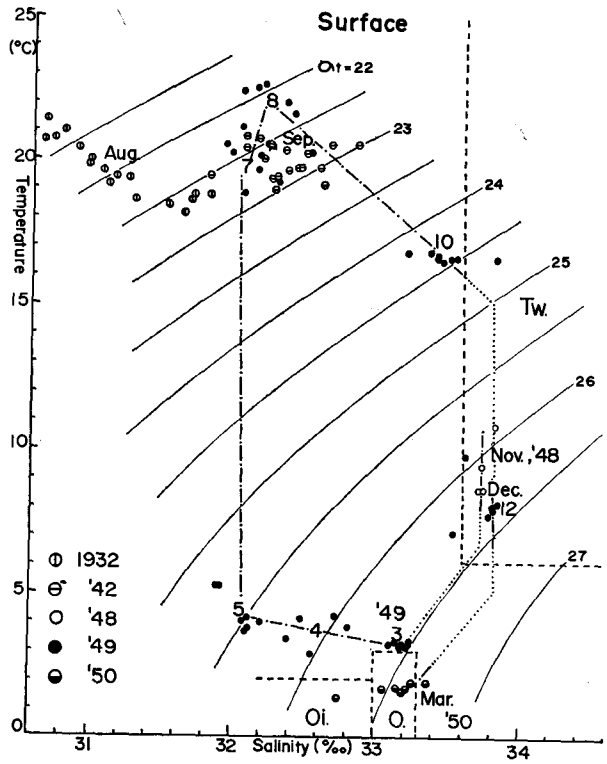

Fig. 4.　Cyclic change of the surface water of the bay

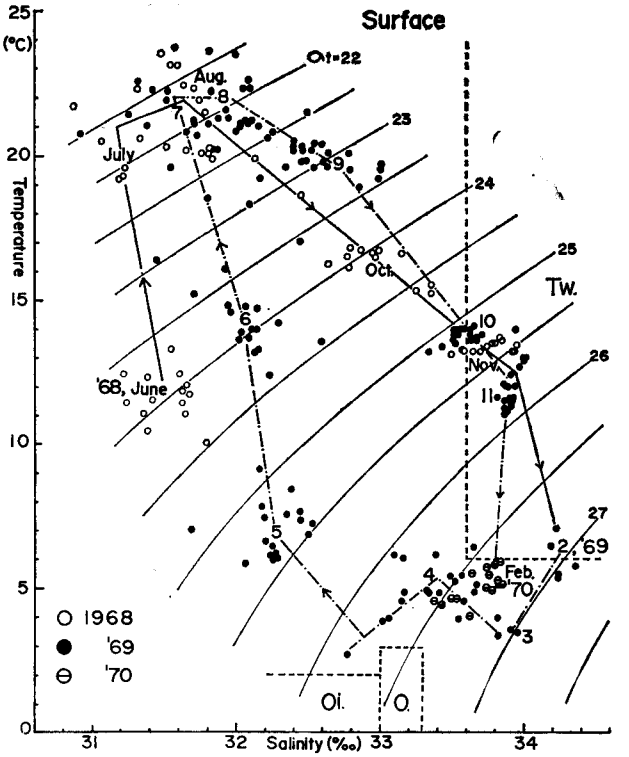

Fig. 5. Cyclic change of the surface water of the bay from June 1968 to February 1970

ていくが，津軽暖流水の流入がこの層に及ぶまで底層水として滞留していることが明らかに認められる。1968年6月の場合，親潮沿岸水の流入量は1969年の2倍にも及んでいる[22]ので，この冬期噴火湾水は大量に湾外に流出していて，低塩分な中層の親潮沿岸水と混合し，その特性も親潮沿岸水に近くなっている。しかし，この底層水の上に中冷水があるので，冬期噴火湾水の名残りであると認められる[4]。

噴火湾内の特性の周期的変化は表層において最も顕著であり，明りょうな循環性を示している。Fig. 4 と Fig. 5 に今までに得られている湾内の表面水の T-S 値を示した。資料が比較的連続して得られている1948年11月から1950年3月までと，1968年6月から1970年2月までの T-S 値の変化は，1か月程の時間差はあるが，明らかな周期性を示している。10月または11月に湾内は津軽暖流水によって占められ，2月から3月の間に冬期噴火湾水が形成されることも前述のように明らかである。親潮系水の流入は3月または4月に始まり，親潮沿岸水の流入に対応して湾内水の塩分は急減する。3月から5月の間の表面水温の上昇率は，寒冷な融氷水の影響を受け，きわめて小さい。6月以後表面水温は急昇しているが，表面水の塩分は流入した親潮沿岸水より低く，32.0‰ またはそれ以下に低下している。苫小牧から恵山に至る沿岸には大きな河川はなく，冬期の降雨量も少ない。しかし，噴火湾の中には長流川，ユーラップ川等，湾外沿岸に比較して流量の大きい河川が多いので，湾内の表層水は陸水によって希釈され，湾内に閉鎖的に滞留することと相まって湾外より低温分となる。そのため流入して来た寒冷な親潮沿岸水と陸水によって希釈された表層水の間には大きな塩分躍層が形成され，加熱期には表層水の被覆効果も加わってその密度差を増す。したがって夏期に，表層は高温

・低塩分になり，中層以深は低温に保たれる。湾外より高温で低塩分なこの表層水は湾内特有の水型であるので，夏期噴火湾水とし，その指標として一応，塩分 32.0‰ 以下とする。しかし表層の塩分は降水その他の影響を強く受け，時期や年による変動が大きいので厳密なものではない。

4. 総　　括

噴火湾に流入する湾外水には三つの水型があり，湾内に滞留する間に変質して噴火湾特有の二つの水型が形成される。したがって，噴火湾の海況は湾外水との交替時期，流入量，湾内における変質の度合，等によってそれぞれの水型の特性に対応して変動し，またこれらの年による差によって，年ごとに特徴ある海況を呈する。各水型の特性は Fig. 6 のようにあらわされ，実線で示された塩分値は各水型をあらわす指標として用いられる。Tw 水の場合，表層水については破線の範囲が含まれるが Fw. 水が Tw. 水の流入期まで永く湾内に滞留している場合があるので，中層以深では 33.8‰ を指標とした方が良い。O. と Oi. 水との境界は一応 33.0‰ を指標として分けてあるが，年により Okhotsk 海から大量な融氷水が親潮接岸分枝の表層水として流出する場合があるので，その境界は厳密なものではない。

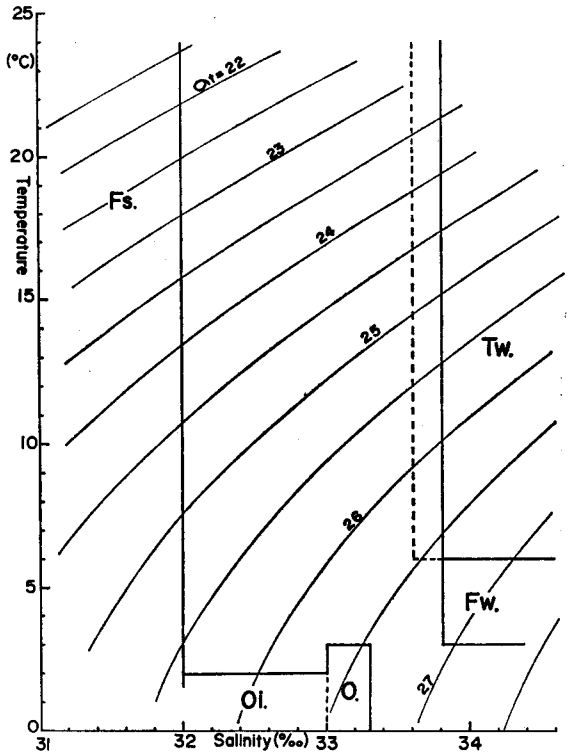

Fig. 6. Classification of water types on the T-S diagram
Tw: Tsugaru Warm Current, O: Oyashio Coastal Branch, Oi: ice melting water of the Oyashio, Fw: Funka Bay water formed in winter, Fs: Funka Bay water formed in summer

噴火湾内の中層以浅の栄養塩類は春に，Oi 水の流入と同時に急減し，これに反して秋，津軽暖流水の流入につれて増加し，湾水の交替に対応している[11,14]。しかし，秋から冬の期間，あるいは夏期の底層水の示す値は津軽暖流水の値より高く[5,23]，湾内の栄養塩類の補給源が湾内にあることを示唆している。近年，噴火湾は栽培漁業の適地として養殖漁業が進められようとしているが，生物生産の場として，栄養塩類の補給機構は重要な問題である。ここに湾外水及び湾内水の化学的特性とその変動機構の解明を今後の研究課題として提起しておく。

文 献

1) 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.
2) ——— (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.
3) Koto, H. (1965). Stagnation, mixing and renewal of the water of the FunkaBay. *Mem. Fish. Hokkaido Univ.* **13**(2), 65–78.
4) 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.
5) 海洋気象台 (1934). 噴火湾海洋観測報告. 海洋時報 **6**, 209–239, 図版 78.
6) 函館高等水産学校 (1936). 津軽海峡横断海洋観測 (昭和 10 年度), 56 p.
7) 函館海洋気象台 (1943). 噴火湾海洋観測報告. 海洋時報 **14**(1), 63–110.
8) ——— (1968). 海洋速報 **6**(1), (2).
9) 北大水産学部 海洋調査漁業試験要報編集委員会編 (1969). 海調漁試要報 **13**, 338–340.
10) 函館水産試験場 (1969). 漁況海況予報事業結果報告書. 北海道.
11) 北海道開発局局長官房 (1970). 栽培漁業開発調査資料. 269 p.
12) 函館海洋気象台 (1969). 海洋速報 **7**(1), (2).
13) 北大水産学部 海洋調査漁業試験要報編集委員会編 (1970). 海調漁試要報 **14**, 423–424.
14) 北海道開発局局長官房 (1971). 栽培漁業開発調査資料. 197 p.
15) 奏 克己 (1962). 北部日本海における輸送水量からみた海況変動. 日本海洋学会誌 20 周年記念号. 168–179.
16) 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.
17) 奏 克己 (1963). 北太平洋における海流瓶の投入結果について. 日本海洋学会誌 **19** (1), 6–15.
18) ——— (1965). 親潮域における輸送水量の変動について. 同誌 **21** (5),1– 9.
19) 赤川正臣 (1959). 流氷野の融解について. 研究時報 **11** (11), 33–44.
20) ——— (1964). 北海道太平洋側の流氷の漂流について. 気象庁技術報告 30, 50–65.
21) Sugiura, J. (1961). On the currents south off Hokkaidō in the western North Pacific (III). *Oceanogr. Mag.* **12** (2), 123–156.
22) 大谷清隆・秋葉芳雄・吉田賢二・大槻知寛 (1970). 親潮系水流入時の噴火湾の海況. 日水学会北海道支部大会講演要旨.
23) 海洋気象台 (1934). 第 2 回津軽海峡海洋観測報告. 海洋時報 **6**, 177–207, 図版 57.