

小川原湖の侵入海水について

福島久雄*・八 鉄 功**・高 橋 将***・大谷守正****

1. 緒 言

小川原湖は下北半島の頸部、太平洋岸より約5 km 内陸に入った所に湖岸をもつ南北に長い湖水であって周囲52 km、面積63 km²、南北の長さ15 km、東西の幅3 kmないし7 km、最深部の深度25 mである(図—1)。周囲の流域面積は約800 km²で高瀬川のほか、土場川、砂土路川など数本の河川が流入し、年間の流入量は8億5,000万 m³と称せられ、湖口は高瀬川を通じて太平洋岸に開いている。その南側には高瀬川放水路が開削されているが平常は閉鎖されている。高瀬川河口からの侵入海水は湖内に向かって逆流することがあり、そのまま湖底に貯留されていていわゆる汽水湖を形成している。高瀬川を通じての海水の流入については富永ら¹⁾の研究があり、そのほかにも観測報告がみられる。流入の型は冬期では強混合型が観測されているが湖水位と外洋の潮位との差が顕著な時以外は流入現象はみられず、また長期にわたる連続観測もないようである。外洋との結ばれ方、逆流海水の挙動などについては規模は異なるが北海道網走湖に類似していると考えられる。

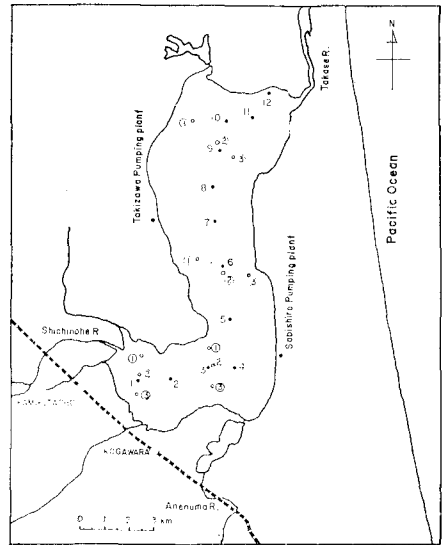
2. 小川原湖の調査

小川原湖における最近の調査は前述の富永らのほかに湖中における塩水層との混合に関して須賀ら²⁾によるものがあり、高瀬川の密度流に関して青森県の調査³⁾がある。また特に地元の三沢高校湖沼研究グループによってまとめられた小川原湖全般に関する報告書⁴⁾があるが、これは昭和41年から同45年までの5か年間にわたる観測資料をもとにして作成されたもので、地球物理的な問題のみならず地質学、生物学の方面にもわたり、同校の教師諸氏、生徒諸君の努力の結晶として貴重なものである。

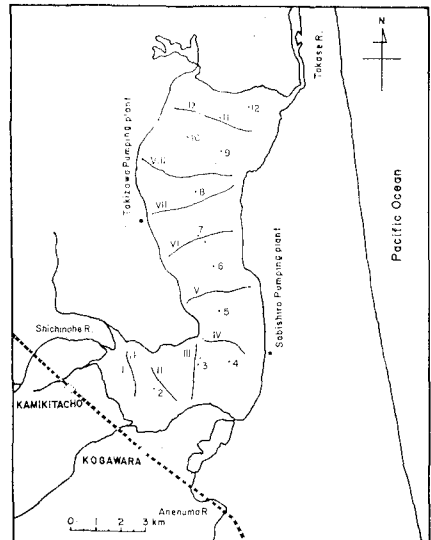
われわれは昭和47年から3か年の計画で小川原湖内の侵入海水の湖内における流動、拡散の状態を調べる研究に着手した。第1回の調査観測は昭和47年9月20～21日の両日、湖内の縦断線上において12点を取り、各点について水温の鉛直分布を取り、採水を行なった(図

1(1))。また4本の横断測線をとってその線上に各3点を取り、測温と採水を行ない、採水の試料は実験室に持ち帰って塩素量の定量を行なった。

第2回は本年6月21～22日に再び縦断測線をとってその上の12点について前年同様の測温と採水を行なっ



(1) 昭和47年9月20, 21日



(2) 昭和48年6月21, 22日

図—1 小川原湖における測点

* 正会員 理博 北海道大学教授 工学部
 ** 正会員 理博 北海道大学助教授 工学部
 *** 北海道大学助教授 工学部
 **** 北海道大学助手 工学部

たあと、横断測線9本をとり、それに沿って観測船を緩走せしめサーミスタ温度計によって刻々表面水温を測定する一方、1分ないし数分の間隔をおいて表面採水を行ない、その試料を札幌に持ち帰って塩素量を決定した(図-1(2))。この湖水が将来いかなる方向に利用されるにしても、湖水の循環、特に底層海水との関連においてこれを調べることは最も大切なことと考えられる。

以下に観測結果について述べる。

3. 塩素量濃度、水温の鉛直分布

図-2(1),(2)は昭和47年9月20日、昭和48年6月21日の観測における測点6(最深部)の塩素量濃度、水温の鉛直分布を示したものである。他の測点についても分布形は同様であるから、図は観測当時の代表的なもの

とみることができる。水温はサーミスタ温度計によって測定し、塩素量濃度は各深度の水を採取し化学分析によって求めた。(1)では水深15mまでは塩素量濃度、水温ともほとんど一定であり、21m以深には濃度5.7Cl%の塩水が貯留していてその間の勾配は急である。9月下旬はすでに冷却期で対流による水の循環があり、また数日前の9月17日に南東風の強い(最高13m/sec)日があったことなどにより水の混合が促進されて上中層の鉛直分布が一様になったものとおもわれる。(2)では表層と底部では塩素量濃度、水温とも(1)の場合と大体同じ値であるが、中間における変化の勾配はゆるやかで、水深4m付近にわずかに温度躍層がみられる。他の観測例^{3),4)}によれば夏季(7月、8月)にはさらに表面水温が上昇し、5~10mに躍層が発達して安定な成層状態となる。

小川原湖には湖の南側から七戸川、砂土路川などの河川が流入し、北側には高瀬川が湖と太平洋とを結んでいるので、潮汐によって高瀬川を通して塩水が湖内に流入する^{1),2)}。このように湖の一方から淡水、他方から塩水が流入する状況は図-3にもみられる。図-3は図-1に示した測点を結ぶ縦断面内の塩素量濃度分布を示したもので、時期による変化を比較するため48年6月を(1)、47年9月を(2)とした。(1)では南側(図の左側)から流入する淡水と北側から流入する塩水との混合によって等濃度線は傾斜しており、成層状態は不安定であるが水深19m以深の濃い塩水層では等濃度線が水平で混合の影響はみられない。夏季には成層状態が安定するので等濃度線は断面全域にわたり水平線に近づくものとおもわれるが、秋季には再び不安定となる。たとえば(2)では19m以深の塩水部を除いて湖内の等濃度線は鉛直線に近く、きわめて不安定であることがわかる。冬季にはまた表層水の密度が小さくなり、成層状態は再び安定となる。底部の塩水はこのようなサイクルの繰返しによって長年月の間に徐々

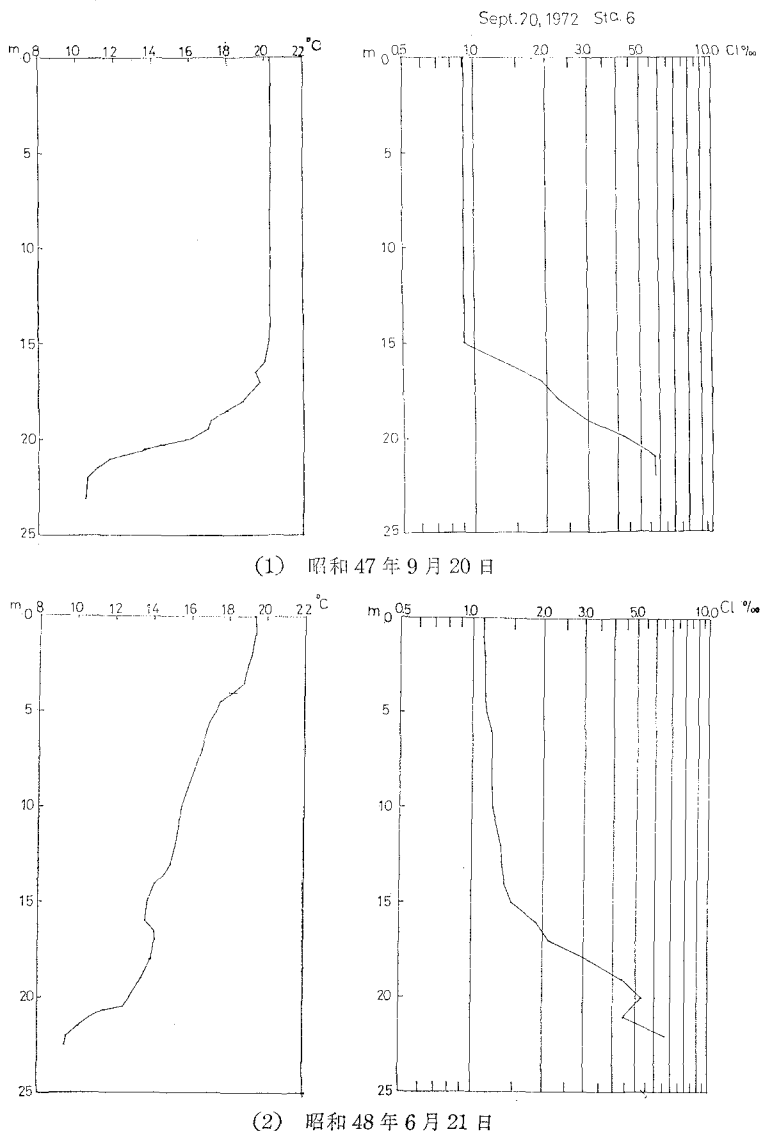
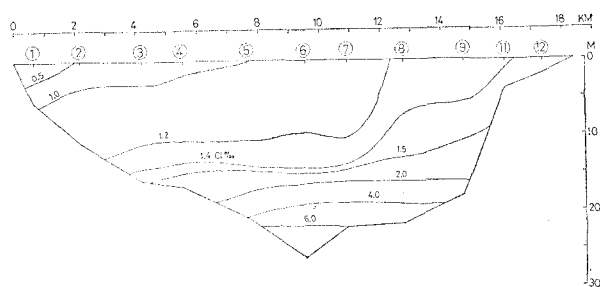
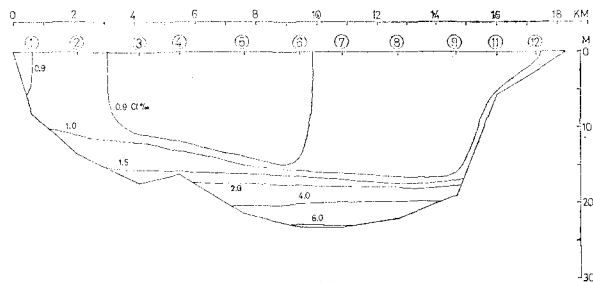


図-2 測点6における塩素量濃度、水温鉛直分布



(1) 昭和48年6月21日



(2) 昭和47年9月20日

図-3 小川原湖縦断面内の塩素量濃度分布

に蓄積したものであって、きわめて古いものであることは採水時の臭気によってもみとめられた。

4. 表面の水温と塩素量濃度分布

低速で航行する船上より吊下げた水温計と、一定時間間隔で採取した表面水温の分析によって、表面水温と塩素量濃度を求めた。測定は湖面を左右に横断する9本の測線を定め行なったもので、それらの位置は 図-1 (2) に示してある。各測線で得た水温と塩素量を 図-4 に示す。すべて図の左が湖の左岸側である。これらの図から水温、塩素量の分布はともに一樣な値ではなく、大きく乱れていることがわかる。

湖の南西部では比較的高温の河水の流入があるので水温が高く塩素量が少ないが、外海と通じている湖北部では海水温が河水に比して低いいため塩素量が多く水温が低い。

汽水湖としての一般的な傾向としては、両者の中間では淡水海水の混合により、水温、塩素量が場所に応じた中間的な値をとる。しかしながら各測線に沿って測定された水温、塩素量の乱れには、上記の傾向を含むもののそれ以外の原因によると思われる湖水の流動の存在をも示唆している。

各測線の水温、塩素量の乱れには、比較的一定した値を持つ水塊が明瞭な境を持って他水塊と接し、連なっていると解される場所(測線Ⅲ、Ⅷ、Ⅸ)や、部分的に均質な水塊が存在するが他の部分では水温、塩素量ともに連続的に変化し、異種の水塊が混合しつつあると考えられる場所(測線Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ)あるいは測線全体に混合が進み

連続的な変化をしている場所(Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ)などに区別できる。

均一とみなせる水塊も湖北部では1.2 km～1.5 kmの幅あるいは広がりを持つが、中央部から南部にかけて次第に小規模となり、0.4 km～0.5 km程度になっている。水温、塩素量の絶対値について見ると、一つの測線内で最も差の大きいのは測線Ⅳで左端の高温、低塩素量に対し右端は逆に低温、高塩素量を示している。右端の水温は17.42°Cで全測線の水温中最低値であり、塩素量も全測線中では比較的高い方で1,146 ppmである。これらの値を前日に観測した水温、塩素量の垂直分布の結果から、最も近い測点4の値と比較すると水深3.5mの水温17.40°Cおよび水深3mの塩素量1,129 ppmにほぼ等しいことがわかる。これは測線Ⅳの右側で下層3～3.5mの高濃度、低温の塩水が湧昇している可能性を示すものである。湧昇の原因としては、測線Ⅳの右岸延長線上にある淋代揚水場での灌漑揚水が考えられる。

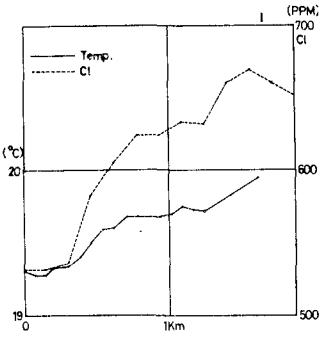
測線Ⅰの左岸側とⅡ、Ⅲの右岸側はいずれも高温、低塩素量を示しているが、これらはそれぞれ近くの土場川、七戸川、花切川および砂土路川と姉沼を介して流入する姉沼川の淡水によるものであろう。しかしこれらの測線の他端や中間部および測線ⅤからⅨについては、それらの乱れを直接的に説明し得る河水や下層水の上昇は見られない。

ただし測線Ⅶの左岸延長線上に滝沢揚水場があり、灌漑揚水を行なっている。ここでも淋代揚水場と同程度の揚水をしているとすれば、水深3mまたはそれより深い下層水の吸い上げが考えられる。前日の垂直分布測定の際の最寄りの測点8では、水深3mの水温、19.20°C、塩素量1,287 ppmであったが測線Ⅶの左端では水温19.13°C、塩素量1,183 ppmで下層水の湧昇が考え得る。しかし淋代揚水場ほどの影響はないようである。

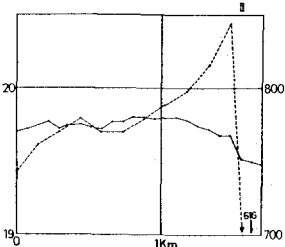
水温と塩素量分布の観測中の気象資料によれば当日の風速2.95 m/sec、風向S80°Eであって波高30 cmの風波が発生していた。この風により湖中央部から北部にかけては、右岸から左岸へ向かう流れが、また湖南部では湖奥部へ向かう流れが生じ、これに外海へ向かう湖水の恒流が加わるので淋代揚水場付近の湧昇底層水は湖全体に移動拡散することが可能である。測線ⅠからⅢの大部分およびⅤからⅨに見られる乱れはこの移動拡散の過程でとらえられたと解釈することができよう。

各測線で得た表面水温から湖内の水温分布図を描いて見ると 図-5 のようになり、淋代揚水場付近の冷水塊が湖の北部に向かって伸びている様子が読取れる。

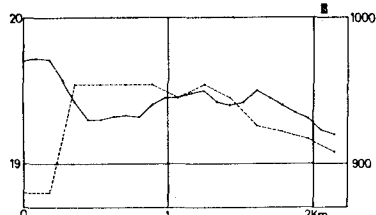
湖口が半ば閉塞状態にある小川原湖では、外海の影響



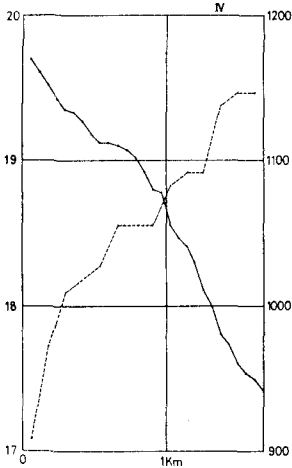
(1)



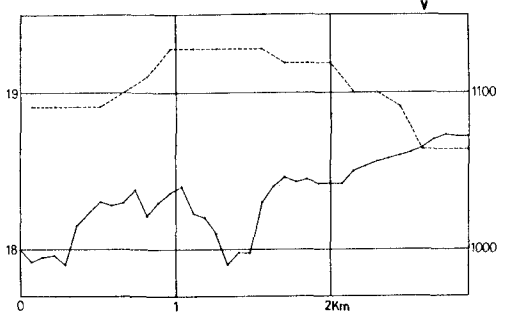
(2)



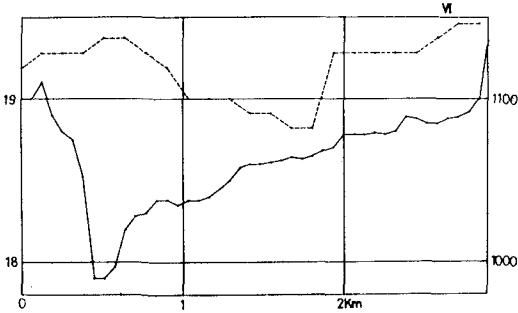
(3)



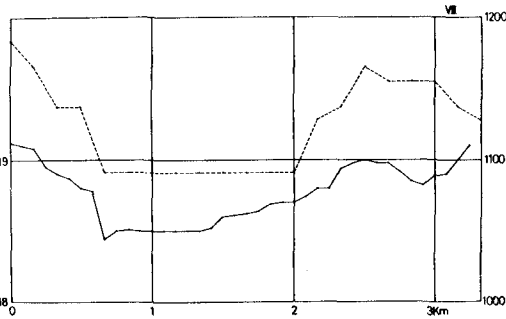
(4)



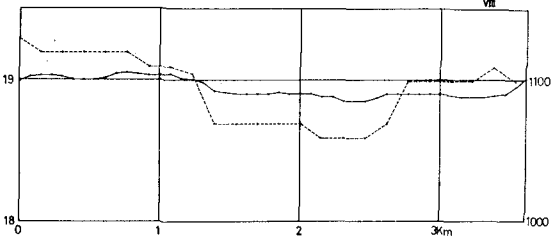
(5)



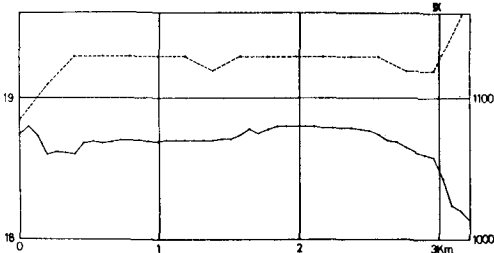
(6)



(7)



(8)



(9)

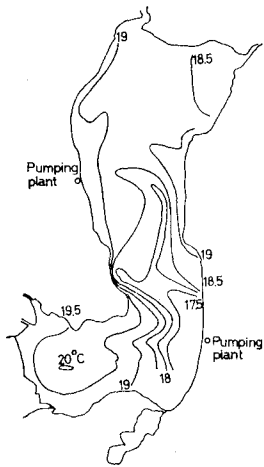


図-5

が入りにくく、同じ汽水湖ながら大湖口を持つサロマ湖に見られるような潮汐による規模の大きな湖内の流れが生ずることもなく、また侵入海水の濃度が低いこともあって揚水場の稼動のごときわずかの擾乱でも湖底の塩水を表層に拡散させるための支配的な要因となり得るのであろう。

5. 結 び

以上昭和47年および48年の2回にわたり、むつ小川原湖において行なった水温、塩素量の観測に基づき水温ならびに塩素量の鉛直分布と水平分布について侵入海水との関連において論じた。参考資料として気象・海象の観測を八戸測候所、八戸工事事務所（運輸省第二港湾建設局）からいただき、観測実施の面では青森県、上北漁業協同組合に負う所が大きかった。ここに感謝の意を表し、あわせて将来のご協力を御願ひする次第である。この研究は文部省科学研究費計画研究によったことを付記する。

参 考 文 献

- 1) 富永正照・白波瀬正直：小川原湖への高瀬川よりの塩分侵入機構について，第27回土木学会年次学術講演会講演概要集，1972，pp. 123～124.
- 2) 須賀堯三・高橋晃：淡塩境界面からの塩水の混入速度，同上，pp. 135～138.
- 3) 青森県むつ小川原開発室：昭和46年度高瀬川密度流調査報告書，昭和47年3月.
- 4) 青森県むつ小川原開発室編：小川原湖の湖沼学的研究中間報告書，昭和47年1月.